



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA BOMBA DE INYECCIÓN LINEAL PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

**CHÁVEZ BALSECA LEANDRO PAOLO
PAREDES SARABIA MIGUEL ANGEL**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-09-26

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

PAREDES SARABIA MIGUEL ANGEL

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA BOMBA DE
INYECCIÓN LINEAL PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. David Bravo Morocho
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Andrea Razo Cifuentes
ASESORA DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-09-26

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

CHÁVEZ BALSECA LEANDRO PAOLO

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA BOMBA DE
INYECCIÓN LINEAL PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. David Bravo Morocho
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Andrea Razo Cifuentes
ASESORA DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: PAREDES SARABIA MIGUEL ANGEL

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA BOMBA DE INYECCIÓN LINEAL PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Fecha de Examinación: 2014-11-24

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. David Bravo M DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Andrea Razo ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán Gallegos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CHÁVEZ BALSECA LEANDRO PAOLO

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA BOMBA DE INYECCIÓN LINEAL PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Fecha de Examinación: 2014-11-24

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. David Bravo Morocho DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Andrea Razo Cifuentes ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán Gallegos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual e industrial le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Miguel Ángel Paredes Sarabia

Leandro Paolo Chávez Balseca

DEDICATORIA

Principalmente dedico este proyecto a mi familia que siempre ha estado pendiente y presta para darme un apoyo en cualquier aspecto de mi carrera y de manera especial a mis padres quienes han hecho un duro esfuerzo para poder sustentarme durante todos estos años de estudio con el afán de lograr sentir la satisfacción de que pueda lograr obtener un título con mi carrera , también lo dedico a mis amigos con los cuales hemos trabajado en equipo para no dejarnos desmayar ante las diversas adversidades que nos ha sabido presentar este periodo de estudio.

Miguel Paredes Sarabia

Este trabajo lo dedico con todo mi corazón y de manera especial.

A Dios por haberme regalado la vida y todo lo que en ella se encuentra. A mis padres Lombardo Chávez y Levia Balseca por darme ejemplos dignos de superación, por todo el amor apoyo y valores que inculcaron en mí.

A mis hermanos que siempre confiaron y creyeron en mis capacidades como ser humano y estudiante, en especial a mi hermana Esther que me dio todo su apoyo económico y moral en todos estos años de estudio, hoy valoro más que nunca ese sacrificio y estoy seguro que esta es la mejor forma de recompensarle, obteniendo este logro académico.

A mi esposa que en estos últimos años has estado junto a mí, apoyándome y motivándome permanentemente para que hoy pueda culminar un peldaño más, para ti con todo mi amor.

A mis hijos Joseph y Caleb porque son mi fortaleza, el motivo y la razón para luchar día tras día.

Leandro Chávez Balseca

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que me ha brindado su acogida en la Escuela de Ingeniería Automotriz y me brinda la oportunidad de obtener una profesión y ser más útil en la sociedad.

A Dios por haberme permitido la suerte de tener a todas las personas con las que he trabajado durante mi carrera y por guiarme en mis estudios y darme la fuerza y la voluntad para seguir siempre adelante y no desmayar frente a las adversidades.

Mis hermanos por ser parte integrante en mi vida brindándome siempre su apoyo y su inquebrantable cariño.

Miguel Paredes Sarabia

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Nuestro más profunda gratitud, con admiración y respeto a los ingenieros y, que guiaron todo el proceso de desarrollo de tesis hasta su defensa.

A todos los Docentes y Administrativos de la Escuela de Ingeniería Automotriz por haber ayudado a nuestra formación como profesionales al aportar conocimientos y experiencia.

Leandro Chávez Balseca

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos:</i>	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Generalidades del sistema de la bomba de inyección	4
2.1.1 <i>Definición de bomba de inyección</i>	4
2.1.2 <i>Principios fundamentales de los fluidos</i>	4
2.1.2.1 <i>Principio de Pascal</i>	4
2.1.2.2 <i>Presión</i>	5
2.1.2.3 <i>Caudal o flujo</i>	5
2.2 Clasificación de las bombas de inyección diésel	7
2.2.1 <i>Bomba de inyección rotativa</i>	7
2.2.2 <i>Sistema de inyección de acumulación o common rail</i>	7
2.3 Bombas de inyección lineal	8
2.3.1 <i>Partes de la bomba lineal</i>	8
2.3.1.1 <i>Árbol de levas</i>	9
2.3.1.2 <i>Bomba de alimentación</i>	9
2.3.1.3 <i>Filtro de combustible diésel</i>	10
2.3.1.4 <i>Carter interior de la bomba</i>	10
2.3.1.5 <i>Empujador o taqué</i>	11
2.3.1.6 <i>Muelle o resorte del émbolo</i>	11
2.3.1.7 <i>Émbolo</i>	11
2.3.1.8 <i>Cilindro (cámara de presión)</i>	12
2.3.1.9 <i>Canalización (llegada de combustible)</i>	12
2.3.1.10 <i>Saliente</i>	13
2.3.1.11 <i>Manguito cilíndrico</i>	14
2.3.1.12 <i>Corona dentada</i>	14
2.3.1.13 <i>Cremallera</i>	15
2.3.1.14 <i>Válvula de retención o de presión</i>	15
2.3.1.15 <i>Asiento de válvula</i>	15
2.3.1.16 <i>Muelle de válvula</i>	16
2.3.1.17 <i>Canalización hacia el inyector</i>	16
2.3.2 <i>Funcionamiento de una bomba lineal</i>	17
2.3.2.1 <i>Sistemas de alimentación de combustible</i>	17
2.3.2.2 <i>Funcionamiento del émbolo</i>	18
2.4 Modelos de bombas en línea	19
2.4.1 <i>Tipos y características de bombas en línea</i>	19
2.4.2 <i>Significado de los caracteres de identificación</i>	20
2.5 Reguladores de avance de inyección	20
2.5.1 <i>Regulador de avance automático a la inyección</i>	20
2.5.1.1 <i>Descripción del regulador</i>	21
2.5.1.2 <i>Funcionamiento</i>	21
2.6 Gobernadores	23
2.6.1 <i>Gobernador mecánico</i>	23
2.6.2 <i>Determinación del punto de inyección de la bomba</i>	25
2.6.3 <i>Calado de la bomba</i>	25
2.6.4 <i>Resumen técnico</i>	25
2.7 Inyectores	25

2.7.1	<i>Inyectores con montaje a brida.</i>	27
3.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS	28
3.1	Diseño de la estructura	28
3.1.1	<i>Estructura principal del banco.</i>	28
3.1.2	<i>Diseño de las bases de la bomba lineal.</i>	29
3.1.3	<i>Materiales.</i>	30
3.1.4	<i>Soldadura.</i>	30
3.2	Análisis de esfuerzos	31
3.3	Herramientas y materiales utilizadas en la construcción de la estructura	35
3.3.1	<i>Herramientas</i>	35
3.3.2	<i>Máquinas herramientas</i>	36
3.3.3	<i>Materiales</i>	36
3.4	Construcción de la estructura e implementación de los elementos	36
3.4.1	<i>Construcción de la estructura.</i>	36
3.4.1	<i>Acabados del banco didáctico.</i>	38
3.5	Implementación de los elementos que conforman el banco didáctico	40
3.5.1	<i>Implementación del motor de corriente alterna.</i>	40
3.5.2	<i>Implementación de acoples.</i>	40
3.5.3	<i>Implementación de la caja reductora.</i>	41
3.5.4	<i>Implementación de la protección de acrílico.</i>	41
3.5.5	<i>Implementación de la estructura porta probetas para el sistema de descarga</i>	42
3.5.6	<i>Ensamblaje de la bomba lineal de entrenamiento</i>	42
3.5.6.1	<i>Implementación del regulador de avance automático a la inyección.</i>	43
3.5.6.2	<i>Implementación del regulado mecánico de máximas y mínimas.</i>	43
3.5.6.3	<i>Implementación de las válvulas de retención o de presión.</i>	44
3.5.6.4	<i>Implementación de las cañerías de alta presión con su respectivo manómetro.</i>	44
3.5.6.5	<i>Implementación de los inyectores y su respectivo retorno de combustible.</i>	45
3.5.6.6	<i>Implementaciones de la bomba de succión (bombín).</i>	46
3.5.6.7	<i>Implementación de las mangueras de baja presión y su respectivo manómetro.</i>	46
3.5.6.8	<i>Implementación del filtro de combustible.</i>	47
3.6	Ensamblaje del sistema eléctrico del banco	47
3.6.1	<i>Diagrama del sistema eléctrico</i>	48
3.6.2	<i>Diagrama de flujo del sistema eléctrico</i>	48
4.	CÁLCULOS	49
4.1	Datos técnicos de la bomba	49
4.2	Cálculo de la carrera efectiva a diferente régimen	49
4.3	Método de cálculo para caudales	50
4.4	Cálculo de caudal, presión y velocidad en el circuito de alta presión	50
4.4.1	<i>Calculo de caudal mínimo (con cremallera sin acelerar)</i>	50
4.4.2	<i>Cálculo de caudal medio (con cremallera acelerada a la mitad)</i>	51
4.4.3	<i>Cálculo de caudal máximo (con cremallera acelerada al máximo)</i>	51
4.4.4	<i>Presión del circuito de alta.</i>	52
4.4.5	<i>Velocidad mínima del circuito de alta</i>	52
4.4.6	<i>Velocidad media del circuito de alta</i>	52
4.5	Cálculo de caudal presión y velocidad en el circuito de baja presión	54
4.5.1	<i>Área del pistón de la bomba de alimentación.</i>	54
4.5.2	<i>Volumen de combustible por cada revolución.</i>	54
4.5.3	<i>Caudal de la bomba a 72 revoluciones por minuto</i>	55
4.5.4	<i>Velocidad máxima del combustible en las mangueras de baja presión</i>	55
4.5.5	<i>Presión de trabajo del circuito de baja</i>	55
4.5.6	<i>Mediciones del circuito de baja presión.</i>	56
4.6	Cálculo en la tobera	56
4.6.1	<i>Volumen de inyección máxima</i>	56

4.6.2	<i>Área de los orificios de la tobera</i>	56
4.6.3	<i>Tiempos de inyección</i>	57
4.6.4	<i>Caudales de inyección en la tobera</i>	57
4.6.5	<i>Velocidad de inyección</i>	57
4.7	Medidas reales tomadas del banco	58
4.7.1	<i>Volumen real entregado</i>	58
5.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	60
5.1	Pruebas mecánicas	60
5.1.1	<i>Funcionamiento y movilidad del bombín.</i>	60
5.1.2	<i>Movilidad de la rueda dentada que conecta con el árbol de levas.</i>	60
5.1.3	<i>Desplazamiento del sistema de bombeo.</i>	61
5.1.4	<i>Verificación visual de salida de combustible en los inyectores.</i>	61
5.2	Pruebas eléctricas	62
5.3	Pruebas de alimentación y funcionamiento	67
6.	COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO	69
6.1	Costos directos.....	69
6.1.1	<i>Costo de elementos hidráulicos, eléctricos y mecánicos.</i>	69
6.1.2	Costo de materiales de construcción.....	70
6.1.3	<i>Costo de mano de obra.</i>	71
6.1.4	<i>Costo de equipos y herramientas</i>	71
6.1.5	<i>Total costos directos.</i>	72
6.2	Costos indirectos	72
6.3	Costo total y presupuesto	73
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
7.1	Conclusiones.....	74
7.2	Recomendaciones	75

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Tipos de bomba en línea actuales	19
2 Significado de los caracteres	20
3 Características de las propiedades del acero A 36	30
4 Descripción de dígitos empleados en electrodos.	31
5 Mediciones de alta	53
6 Mediciones del sistema de baja presión	56
7 Tiempos de inyección	57
8 Volumen real de combustible entregado por la bomba	58
9 Caudal real a diferente posición de cremallera	59
10 Costo de elementos hidráulicos, eléctricos y mecánicos	69
11 Materiales de construcción	70
12 Costo de mano de obra	71
13 Costos de equipos y herramientas	71
14 Total costos directos	72
15 Costos indirectos	72
16 Costo total	73

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Aplicación del principio de Pascal.....	4
2 Presión.....	5
3 Flujo entre dos probetas.....	5
4 Sistema hidráulico simple.....	5
5 Diferencias de tiempos.....	6
6 Variables de flujo.....	6
7 Variables de flujo 2.....	6
8 Bomba rotativa.....	7
9 Sistema common rail.....	7
10 Bomba lineal en el motor.....	8
11 Partes.....	8
12 Árbol de levas.....	9
13 Bombas de alimentación.....	9
14 Filtro de combustible.....	10
15 Carter.....	10
16 Taqué.....	11
17 Muelle.....	11
18 Émbolo.....	12
19 Cilindro.....	12
20 Vista en corte frontal de la bomba.....	13
21 Vista en corte lateral de la bomba.....	13
22 Ubicación del manguito de control.....	14
23 Ubicación del manguito cilíndrico.....	14
24 Ubicación de la corona dentada.....	14
25 Cremallera.....	15
26 Válvula de retención en corte.....	15
27 Asiento de válvula.....	15
28 Muelle de válvula.....	16
29 Cañerías.....	16
30 Bomba lineal en corte.....	17
31 Bomba de inyección lineal (partes).....	17
32 Circulación de combustible desde el depósito hasta el inyector.....	18
33 Fases del émbolo.....	18
34 Tipos de bombas.....	19
35 Posición del regulador de avance en la bomba.....	20
36 Partes del regulador.....	21
37 Funcionamiento del regulador.....	22
38 Principio de funcionamiento.....	22
39 Posición del gobernador.....	23
40 Partes del regulador centrífugo.....	24
41 Esquema del regulador fuera de la carcasa.....	24
42 Partes de un inyector.....	26
43 Proceso de apertura del inyector.....	27
44 Inyectores con montaje a brida.....	27
45 Simulación de la estructura principal del banco.....	28
46 Base 1.....	29
47 Base 2.....	29
48 Simulación de esfuerzos de la estructura 1.....	31

49	Simulación del factor de seguridad de la estructura 1.....	32
50	Detalle de zona con factor de seguridad elevado estructura 1.....	33
51	Simulación de esfuerzos de la base 1.....	33
52	Simulación del factor de seguridad de la base 1.....	34
53	Simulación de esfuerzos de la base 2.....	34
54	Simulación del factor de seguridad de la base 2.....	35
55	Medida y cortado del tubo estructural.....	37
56	Soldando los elementos estructurales.....	37
57	Puliendo las esquinas soldadas.....	38
58	Fondeo de la estructura.....	38
59	Tableros de MDF.....	39
60	Corte de tableros MDF.....	39
61	Acabados de la estructura.....	40
62	Motor eléctrico.....	40
63	Acoples.....	41
64	Caja reductora de revoluciones.....	41
65	Protección de acrílico.....	42
66	Sistema de descarga.....	42
67	Ensamble de la bomba en el banco.....	43
68	Regulador de avance a la inyección.....	43
69	Gobernador de máximas y mínimas.....	44
70	Válvulas de retención de la bomba.....	44
71	Sistema de alta presión y manómetro.....	45
72	Inyectores y retorno de combustible.....	45
73	Bomba de succión (bombín)	46
74	Mangueras de baja presión y manómetro.....	46
75	Manómetro del sistema de baja presión.....	47
76	Filtro de combustible.....	47
77	Diagrama del sistema eléctrico.....	48
78	Diagrama de flujo del sistema eléctrico.....	48
79	Medidas de émbolo y cilindro en mm.....	49
80	Presión del sistema de alta.....	52
81	Área del pistón de la bomba de alimentación.....	54
82	Alzada de leva.....	54
83	Presión del circuito de baja en el manual.....	56
84	Toma de medidas reales.....	58
85	Caudal real en función de la apertura de cremallera.....	59
86	Verificación del bombín.....	60
87	Comprobación de la rueda dentada.....	61
88	Desplazamiento de los muelles.....	61
89	Inyección de combustible en la probeta.....	62
90	Prueba de continuidad de enchufe e interruptor.....	62
91	Continuidad enchufe y motor.....	63
92	Continuidad de interruptor.....	63
93	Continuidad interruptor y transformador.....	64
94	Continuidad Enchufe y transformador.....	64
95	Continuidad enchufe y luces LED del primer cable.....	65
96	Continuidad transformador y luces LED del segundo cable.....	65
97	Resistencia entre cables de entrada al motor.....	66
98	Prueba en posición OFF.....	66
99	Prueba en cables de luces LED.....	67
100	Prueba de voltaje.....	67
101	Prueba de voltaje del transformador.....	68
102	Prueba de voltaje de salida del transformador.....	68
103	Prueba de voltaje de luces LED.....	68

SIMBOLOGÍA

F_1	Fuerza 1	N
F_2	Fuerza 2	N
Q_t	Caudal teórico	cm^3/min
V_t	Volumen teórico	cm^3
ω	Velocidad angular	rev/min
r	Radio del pistón de alta presión	mm
L	Carrera del pistón	mm
Q_{tmin}	Caudal teórico mínimo de alta	cm^3/min
Q_{tmed}	Caudal teórico medio de alta	cm^3/min
Q_{tmax}	Caudal teórico máximo de alta	cm^3/min
A_{ca}	Área de cañería de alta	mm^2
V_1	Velocidad mínima del circuito de alta	cm/min
V_2	Velocidad media del circuito de alta	cm/min
V_3	Velocidad máxima del circuito de alta	cm/min
S_b	Alzada de leva de bomba de alimentación	mm
R_p	Radio del pistón de la bomba de alimentación	mm
A_p	Área del pistón de baja presión	cm^2
V_b	Volumen bomba de alimentación	cm^3
Q_b	Caudal del sistema de baja presión	cm^3/min
V_{Vb}	Velocidad del sistema de baja presión	cm/min
V_t	Volumen de inyección máxima del sistema de alta	cm^3
A_t	Área de un solo orificio de la tobera	cm^2
R_{to}	Radio del orificio de la tobera	mm
A_{4t}	Área total de salida del inyector	cm^2
t_i	Tiempo de inyección	seg
Q_i	Caudal de inyección	cm^3/min
V_i	Velocidad de inyección	cm^3/min
A_{to}	Área de las toberas	cm^3

LISTA DE ABREVIACIONES

ECU	Electronic Control Unit
RPM	Revoluciones por minuto
ASTM	Sociedad Americana de ensayos y materiales
AWS	Sociedad Americana de Soldadura
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos

LISTA DE ANEXOS

- A** Manual de usuario
- B** Normas de seguridad
- C** Señales de riesgo
- D** Plan de mantenimiento
- E** Guías de prácticas
- F** Característica del tubo estructural utilizado en la construcción de la estructura
- G** Especificaciones del electrodo 6011

RESUMEN

La implementación de un banco didáctico de una bomba de inyección lineal para escuela de Ingeniería Automotriz tiene como objetivo disponer de una herramienta pedagógica que permita desarrollar destrezas y conocimiento en el funcionamiento de los elementos que conforman una bomba lineal, elemento básico para el funcionamiento del motor de combustión interna .

Mediante la recopilación de partes y piezas para lograr el funcionamiento de una bomba lineal en un banco que no necesite de un motor de combustión interna se logró ensamblar un sistema que permita la visualización del combustible inyectado en tiempo real y de forma muy práctica, con la asistencia de un programa de diseño mecánico asistido por computadora, se simuló el esfuerzo al que están sometidas las distintas piezas que soportan el mecanismo de bombeo.

Durante las pruebas de funcionamiento, los cálculos, y ensamble definitivo se comprobó que el cuerpo bomba y el inyector funcionaron de manera óptima previos ajustes en el sistema de alta presión. Para garantizar un correcto uso se elaboró guías de prácticas y plan de mantenimiento; por lo que se recomienda revisarlas y hacer uso de las instrucciones a fin de preservar el buen uso y vida útil de esta herramienta didáctica que facilitará la capacitación a los usuarios, mismos que lo aplicarán de manera responsable y con calidad en la resolución de los problemas de mantenimiento automotriz dentro de la sociedad

ABSTRACT

The didactic bank implementation of a linear injection pump to the automotive engineering school has as an objective to provide an educational tool to develop skills and knowledge in the operation of the elements of a linear pump. It is a basic element for the operation on the diesel internal combustion engine.

It is through collecting parts and pieces to achieve the performance of a diesel linear pump at a bank that does not need an internal combustion engine. It achieved to assemble a system that enables the visualization of the injected fuel in a real time and in a very practical way ; it took place with the assistance of a mechanical design program helped by computer . It simulated the effort that are subjected the different pieces that support the pumping mechanism.

During Performance testing, the calculations and final assembly found that the body pump and the injector operated in an optimum way, previously adjusting in the high pressure system. To ensure the correct use it elaborated practice guidelines and maintenance plan; it is recommended to review and use the instructions in order to ensure the good use and useful life of this didactic tool that facilitate the user training. They will apply in a responsible way and quality to solve automotive maintenance problems in the society

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La escuela de Ingeniería Automotriz se creó en el 2003 con la finalidad de formar a profesionales líderes en las áreas de Ingeniería, Ciencia y Tecnología, que aporten con proyectos de vanguardia e innovación científica y tecnológica en los diversos campos del conocimiento automotriz.

Por ende los estudiantes de Ingeniería Automotriz han ido mejorando en conocimientos acorde a la misión y visión de la escuela, venciendo obstáculos que se han generado en el área de formación académica y profesional por medio de métodos prácticos de aprendizaje.

Uno de estos métodos muy importantes y efectivos para fortalecer los conocimientos impartidos en las aulas ha sido la implementación de bancos didácticos de pruebas, los mismos que han tenido a lo largo de la historia una gran aportación en todos los sectores de aprendizaje.

El nacimiento de la bomba de inyección estuvo ligado a un gran obstáculo que se presentó en el motor diésel, que era la alimentación de combustible, puesto que el sistema hasta entonces usado era de asistencia neumática y éste no permitía incrementar adecuadamente el régimen de revoluciones.

A fines de 1923 el técnico alemán Robert Bosch decide realizar su propio sistema de inyección para motores diésel, y luego de varios diseños, ya en el año de 1927 se empezaron a producir en serie y comercializar las primeras bombas de inyección lineales gracias a su alto desempeño y alta confiabilidad.

En los últimos tiempos en nuestro país ha crecido el parque automotor en general, entre éstos el sector de vehículos de trabajo pesado los cuales usan bombas de inyección lineal para motores diésel, razón por la que ha sido importante la formación técnica en esta área del sector automotriz.

1.2 Justificación

Está técnicamente comprobado que el entender el funcionamiento de una bomba de inyección diésel lineal es difícil puesto que es muy complejo lograr encontrar a disposición permanente para los estudiantes uno de estos sistemas que les permita indagar de manera segura todo lo expuesto en las aulas sobre el tema.

La implementación de este proyecto tiene la finalidad de mejorar el proceso pedagógico, para que se puedan cumplir con los requerimientos que exige la malla curricular de manera eficiente y ágil en el área de inyección de combustible de bombas lineales ya que este tema es de gran complejidad e importancia para su enseñanza o aprendizaje.

Considerando que es un tema amplio, para lo que se requiere de mucho tiempo para dominar el funcionamiento de este complejo sistema consideramos que la mejor forma de hacerlo es implementando un banco didáctico de la bomba de inyección lineal, que nos permitirá agilizar, y entender el funcionamiento, los elementos que conforman el sistema, su montaje y desmontaje, su puesta a punto y su mantenimiento.

Este proyecto de tesis está destinado a ser una herramienta de gran utilidad para todos los estudiantes de Ingeniería Automotriz, facilitando la comprensión exacta y precisa de un sistema de inyección por bomba lineal, con todos sus componentes y parámetros de funcionamiento, mediante pruebas reales, localización y diagnóstico de componentes, montaje y desmontaje del cuerpo de la bomba, entre otras. Todo lo mencionado anteriormente facilitará al estudiante a fortalecer los conocimientos adquiridos en las aulas de manera práctica, para que pueda analizar el movimiento lineal y rotacional en la carrera de inyección que generan los émbolos de la bomba y los mecanismos que los producen, además se podrá visualizar el recorrido del fluido dentro de estas cámaras, las que proporcionara la presión y el caudal necesario para que exista la correcta inyección.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Implementar un banco didáctico de una bomba de inyección lineal para la Escuela de Ingeniería Automotriz.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Estudiar los diferentes tipos de elementos y su mecanismo de funcionamiento.

Analizar el flujo del combustible dentro del sistema de la bomba lineal diésel.

Diseñar y construir la estructura que soportará el sistema mecánico de inyección de bomba lineal.

Realizar cálculos de caudales y pruebas de funcionamiento de los mecanismos para comprender parámetros reales de funcionamiento.

Plantear guías de prácticas de laboratorio para los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Automotriz.

Elaborar el manual de usuario y plan de mantenimiento.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del sistema de la bomba de inyección

2.1.1 Definición de bomba de inyección. Es un dispositivo que eleva la presión del combustible, a un nivel muy elevado, tanto así que pueda entrar a la suficiente presión en la cámara de combustión, como para que la inflamación del combustible sea espontanea debido a la elevada temperatura, que experimentan los motores diésel.

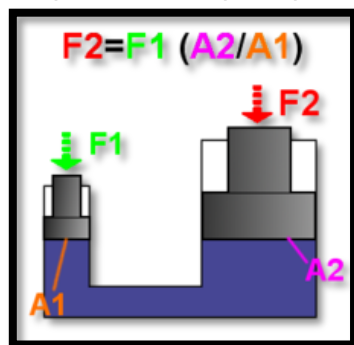
También cumplen la finalidad de distribuir a los cilindros del motor la cantidad adecuada de combustible en el momento preciso.

2.1.2 Principios fundamentales de los fluidos

2.1.2.1 Principio de Pascal. En un fluido incompresible, se transmiten a todos los puntos del fluido las mismas variaciones de presión, así como a las superficies en contacto con este (DOMINGO, 1997)

Si dos cilindros de diferente diámetro se encuentran conectados por una cañería y existe fluido incompresible en ambos la presión en los dos cilindros y en la cañería será la misma es decir la presión en el cilindro 1 siempre será igual a la presión generada en el cilindro 2. Podemos lograr obtener en la F2 una fuerza mayor que F1, modificando el área de los pistones.

Figura 1. Aplicación del principio de Pascal



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Pascal

2.1.2.2 Presión. Es el resultado de aplicar una fuerza sobre una determinada área, la presión esta medida en libras sobre pulgada cuadrada (PSI), para poder determinar una presión, debemos conocer la fuerza y el área.

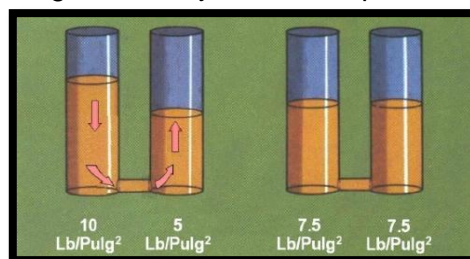
Figura 2. Presión



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/25029683/Sistema-de-Combustible-PT>

2.1.2.3 Caudal o flujo. Es el volumen de un fluido que pasa por una cañería en un tiempo determinado.

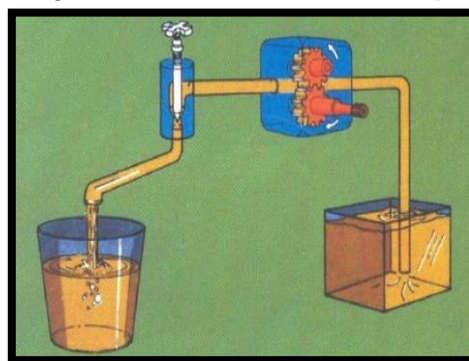
Figura 3.- Flujo entre dos probetas



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/25029683/Sistema-de-Combustible-PT>

En los sistemas de suministro de combustible es importante que exista un flujo de combustible en un tiempo determinado, podemos medir este flujo en galones por minuto o en litros por minuto.

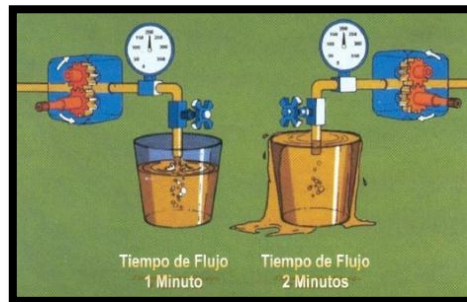
Figura 4. Sistema hidráulico simple



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/25029683/Sistema-de-Combustible-PT>

Si el área y el tiempo son los mismos y lo que se modifica es la presión del fluido, se conseguirá más líquido del sistema con más presión, es decir se puede controlar la cantidad de líquido variando la presión.

Figura 5. Diferencias de tiempos



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/25029683/Sistema-de-Combustible-PT>

Si la presión del fluido es la misma y el área de recolección es la misma se conseguirá mayor volumen de líquido cuanto más tiempo de recolección fijemos.

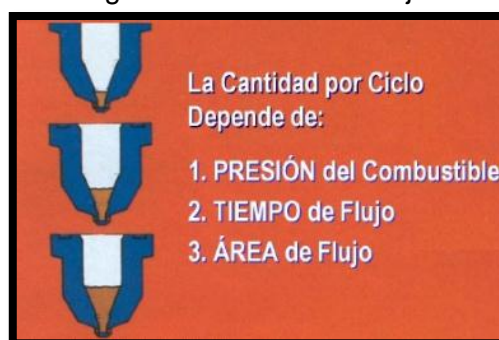
Figura 6. Variables de flujo



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/25029683/Sistema-de-Combustible-PT>

Resumiendo, se puede cambiar el flujo recolectado variando el área de recolección, la presión o el tiempo.

Figura 7. Variables de flujo 2



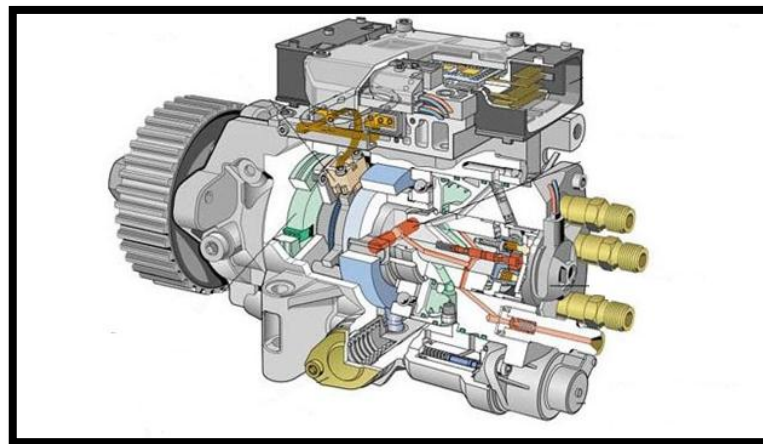
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/25029683/Sistema-de-Combustible-PT>

La cantidad de combustible inyectado es controlada por las tres variables mencionadas (tiempo, presión y área de flujo). (GRADUADOESIME, 2014)

2.2 Clasificación de las bombas de inyección diésel

2.2.1 Bomba de inyección rotativa. Está equipada por en una bomba de aspas que absorbe el combustible desde el depósito y lo inserta en la cámara de alta presión de la bomba. El émbolo realiza tantas carreras como cilindros del motor a los que debe abastecer.

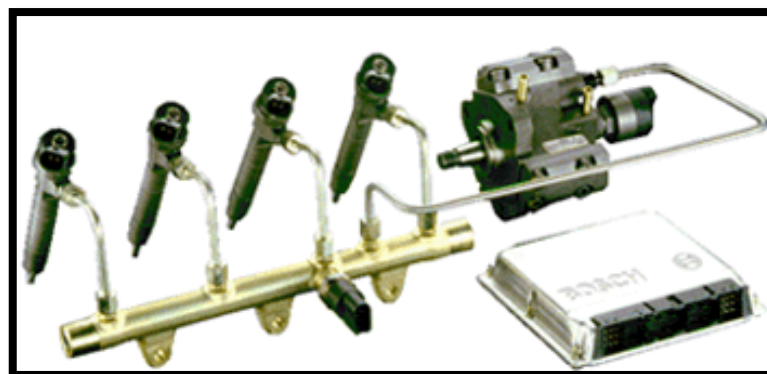
Figura 8. Bomba rotativa



Fuente: <http://www.bmwfaq.com>

2.2.2 Sistema de inyección de acumulación o common rail. La presión y la inyección se generan por separado en el sistema de acumulación. El caudal y el momento de inyección se calculan dentro de la ECU y se realiza a través del inyector a cada cilindro del motor.

Figura 9. Sistema common rail

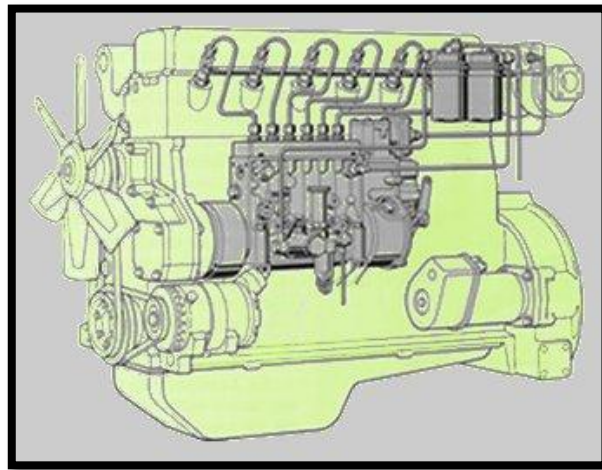


Fuente: <http://www.bolido.com/2011/02/que-es-el-common-rail/>

2.3 Bombas de inyección lineal

Es un dispositivo mecánico que tiene una cantidad determinado de elementos de bombas de acuerdo al número y disposición cilindros que tenga el motor. El combustible recorre colector, el mismo que se encuentra conectado directamente con cada una de las lumbreras que posee cada uno de los elementos de la bomba. Cada elemento está formado por un cuerpo de bomba y su correspondiente émbolo, desplazado por una leva (tantas como cilindros), montada sobre un árbol de levas que toma el movimiento del cigüeñal mediante engranajes de la distribución o correas dentadas. (MORENO, 2014)

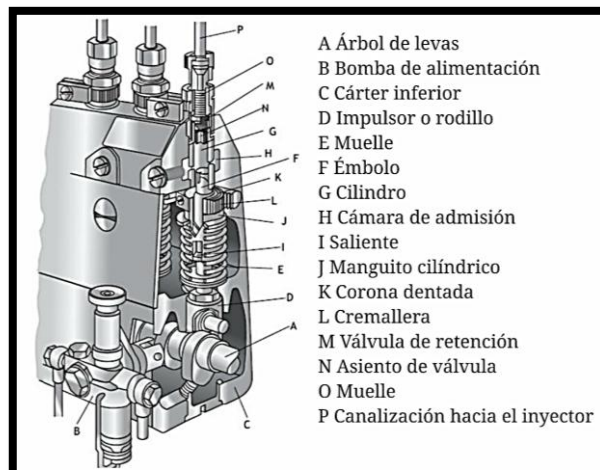
Figura 10. Bomba lineal en el motor



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/bombainyeccion.html>

2.3.1 Partes de la bomba lineal

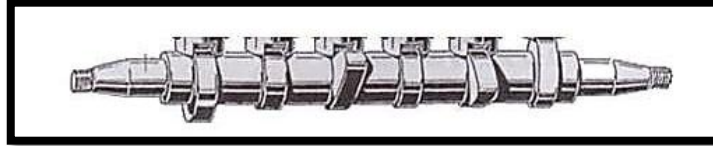
Figura 11. Partes



Fuente: <http://prezi.com/ukaggyjrfr9/estructura-bomba-lineal-bosch/>

2.3.1.1 Árbol de levas. Va apoyado sobre rodamientos, es de acero forjado, templado y posee alta resistencia al desgaste.

Figura 12. Árbol de levas.



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>

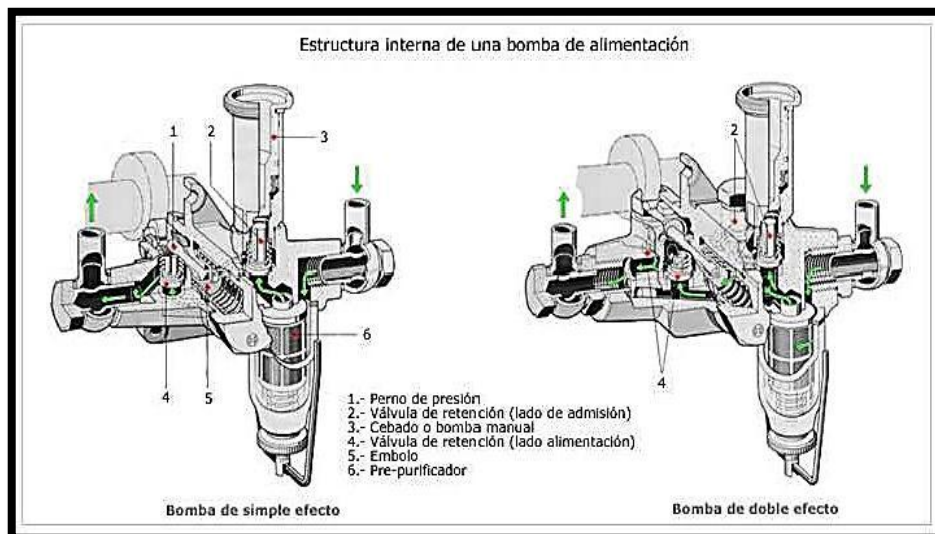
La función de la leva es transmitir el movimiento al émbolo, la duración de la inyección dependerá de la forma de la leva como el rendimiento de la bomba y la velocidad de la alimentación.

2.3.1.2 Bomba de alimentación. Implementadas en motores diésel, pueden ser de accionamiento mecánico o eléctrico. Su objetivo es suministrar permanentemente combustible a la bomba de alta presión, y estas se clasifican en: (MAMANI, 2013)

- Bomba de alimentación de simple efecto.
- Bomba de alimentación de doble efecto.

La diferencia entre estas dos bombas es que la de simple efecto subministra combustible solo cuando la leva acciona el empujador y la de doble efecto subministra combustible cuando el empujador es accionado por la leva y también cuando baja a su posición normal.

Figura 13. Bombas de alimentación



Fuente: http://www.china-lutong.com/s_news/349.html

La bomba de baja presión al funcionar genera dos movimientos, ascendente y descendente, esto a la vez produce una presión y depresión en el sistema. Cuando el émbolo es impulsado hacia arriba, cierra la válvula de entrada de combustible y abre la de salida enviando el combustible hacia la bomba inyectora a una presión de 3 a 7 Psi. (ARFECA, 2014)

Cuando cesa el empuje de la excéntrica sobre el émbolo, éste retrocede cerrando la válvula de salida y abriendo la válvula de entrada, aspirando el combustible procedente del depósito.

2.3.1.3 Filtro de combustible diésel. La función del filtro es de mantener limpio el sistema de alimentación por medio de la separación de impurezas que contiene el combustible de los motores diésel, con la finalidad de que estas impurezas puedan malograr el sistema de inyección que es de alta precisión.

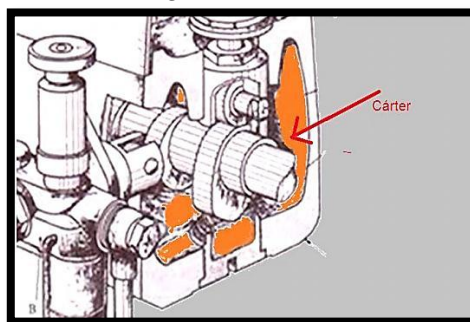
Figura 14. Filtro de combustible



Fuente; <http://spanish.automobile-air-filters.com>

2.3.1.4 Carter interior de la bomba. Es la cavidad inferior de la bomba en la que se aloja el lubricante para la lubricación de las piezas móviles que conforman el sistema de bombeo.

Figura 15. Carter



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/bombainyeccion.html>

2.3.1.5 Empujador o taqué. Llamado también impulsor de rodillo, su función es recibir el movimiento de la leva situada debajo y transmitirlo hacia el émbolo por medio del vástago de impulsión. (MARTÍNEZ NÚÑEZ, 2011)

Figura 16. Taqué



Fuente: <http://www.slideshare.net/alejandrobepmale/sistemas-de-inyeccion-diésel>

2.3.1.6 Muelle o resorte del émbolo. Su función es mantener al seguidor de rodillo del empujador siempre unido a la leva para que la transmisión del movimiento de la leva hacia el émbolo sea precisa y uniforme en todo régimen.

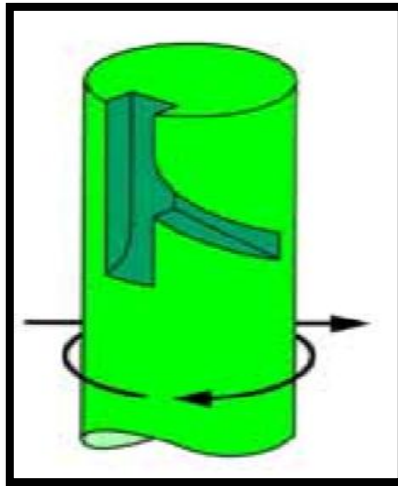
Figura 17. Muelle



Fuente: <http://www.slideshare.net/alejandrobepmale.com>

2.3.1.7 Émbolo. Elemento encargado de proporcionar al sistema de alta presión el caudal requerido y la fuerza necesaria para que se genere la presión y la cantidad adecuada de combustible. El émbolo de la bomba ajusta dentro de su cilindro con tal precisión, que lo hermetiza incluso en el caso de altas presiones y bajas revoluciones de trabajo. Esta característica permite elevar las presiones de inyección a valores tan altos. Las fugas que se producen son necesarias para su lubricación.

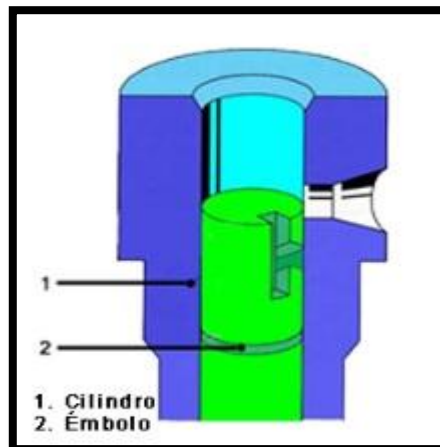
Figura 18. Émbolo



Fuente: <http://www.tallerdemecanica.com/>

2.3.1.8 Cilindro (cámara de presión). Elemento hueco dentro del que se encuentra alojado el émbolo, cuenta con pequeños orificios denominados lumbreras, por los cuales se suministra el combustible de baja presión proveniente de la bomba de alimentación hacia la parte superior del cilindro, una vez aquí el combustible puede ser empujado por el émbolo y así generar el caudal y la presión de combustible necesarias para el sistema de alta presión.

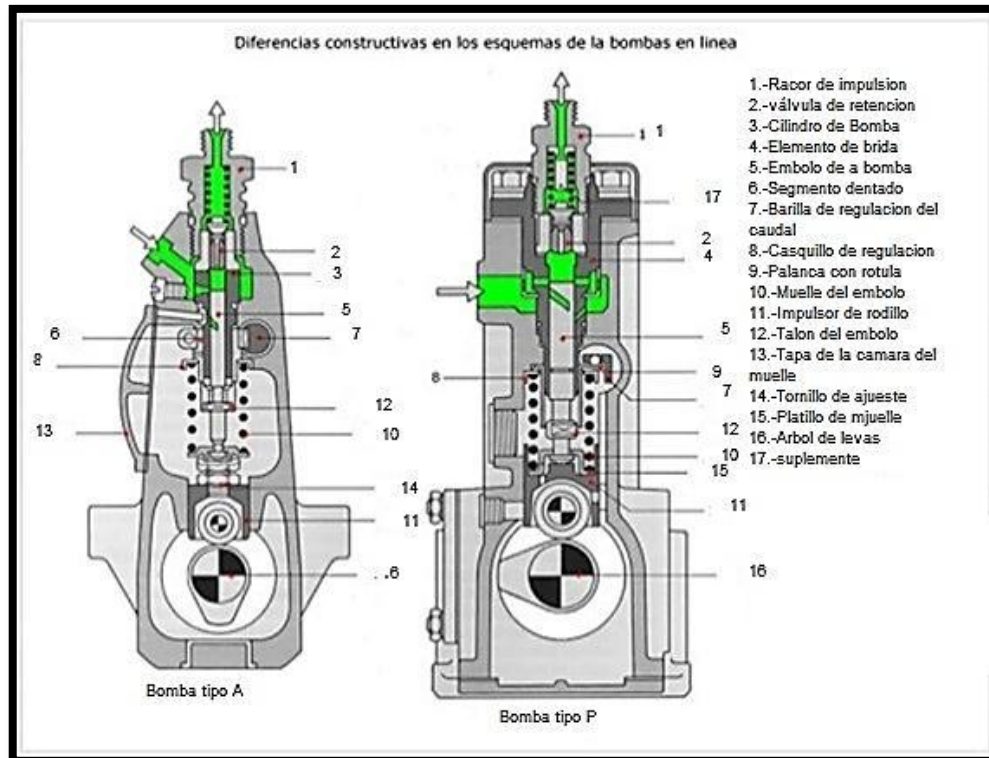
Figura 19. Cilindro



Fuente: <http://www.tallerdemecanica.com>

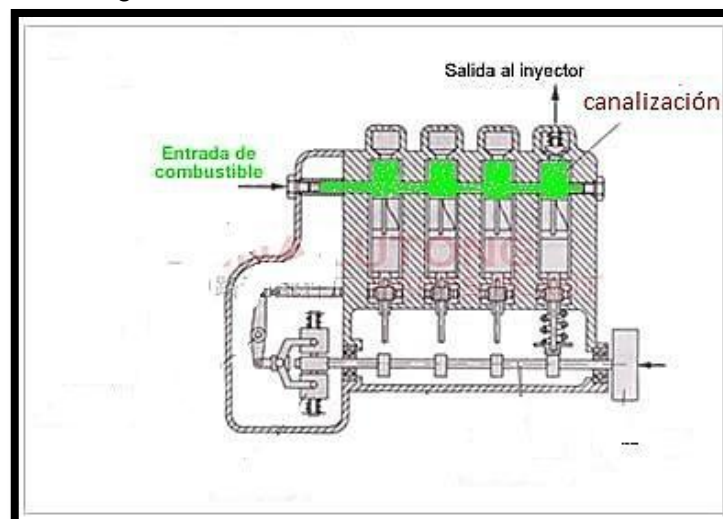
2.3.1.9 Canalización (llegada de combustible). Cavidad en común que tienen las lumbreras correspondientes a cada uno de los cilindros, la que almacena el combustible proveniente del sistema de baja presión para luego distribuirlo a cada elemento de bomba por medio de las mismas.

Figura 20. Vista en corte frontal de la bomba



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.html>

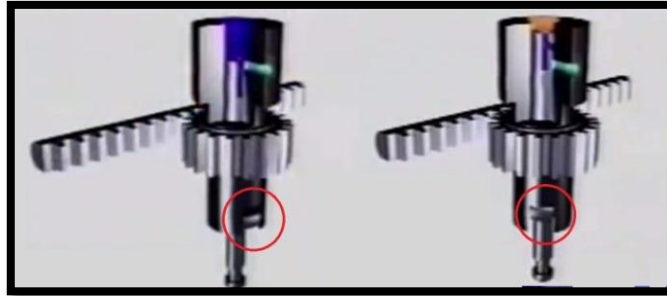
Figura 21. Vista en corte lateral de la bomba



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.html>

2.3.1.10 Saliente. Llamado también manguito de control, consiste en una prolongación del vástago del cilindro perpendicular a este que sube y baja por el canal del manguito cilíndrico que está controlado por la cremallera, gracias a este saliente se puede controlar la posición angular del émbolo para poder regular la cantidad de combustible que se entrega al inyector.

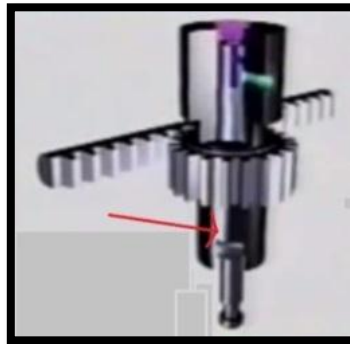
Figura 22. Ubicación del manguito de control



Fuente: KIA MOTORS – Bombas de inyección.pdf

2.3.1.11 Manguito cilíndrico. Es un elemento solidario a la corona dentada, en la parte inferior posee un canal por donde recorre de arriba abajo el manguito de control, permitiendo tener una posición acertada de los émbolos.

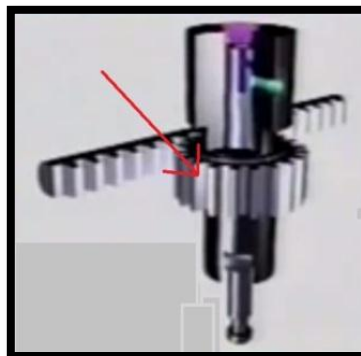
Figura 23. Ubicación del manguito cilíndrico



Fuente: KIA MOTORS – Bombas de inyección.pdf

2.3.1.12 Corona dentada. Elemento que permite transformar el movimiento lineal de la varilla de control (cremallera) en una posición angular precisa, para poder posicionar el manguito cilíndrico y el vástago del émbolo en un ángulo deseado.

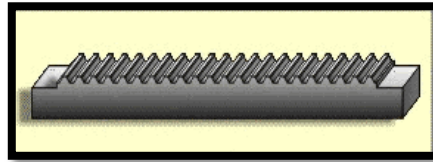
Figura 24. Ubicación de la corona dentada



Fuente: KIA MOTORS – Bombas de inyección.pdf

2.3.1.13 Cremallera. Gira los elementos de bombeo y estos a su vez a los émbolos para que se incremente la carrera efectiva lo que hará que aumente el caudal inyectado.

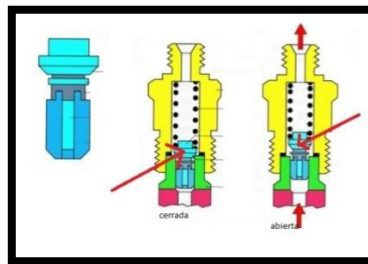
Figura 25. Cremallera



Fuente: <http://concurso.cnice.mec.es>

2.3.1.14 Válvula de retención o de presión. Está instalada sobre el elemento de bomba, su función es permitir el paso de combustible del elemento hacia las cañerías de alta presión.

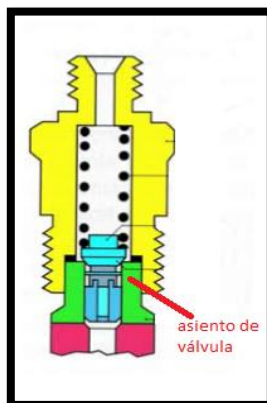
Figura 26. Válvula de retención en corte



Fuente: <http://www.tallerdemecanica.com>

2.3.1.15 Asiento de válvula. Es el elemento que soporta a la válvula y permite un cierre hermético del sistema para evitar el retorno del combustible.

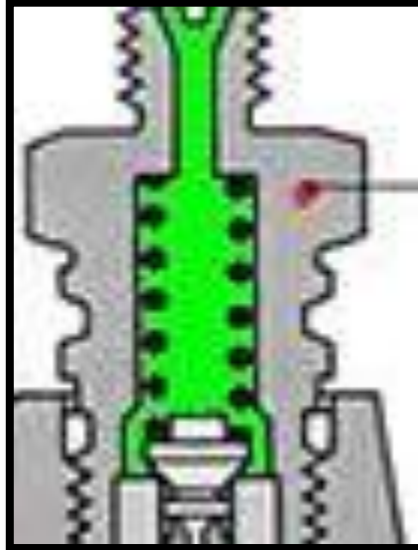
Figura 27. Asiento de válvula



Fuente: <http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/cursos/bombas1/elementosdebombaellinea.html>

2.3.1.16 Muelle de válvula. Este proporciona la fuerza para cerrar la válvula y mantener la presión hasta la siguiente inyección.

Figura 28. Muelle de válvula



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>

2.3.1.17 Canalización hacia el inyector. Está formada por tubos de metal que soportan una presión que va desde los 220kgf/cm² (216 bar) hasta alcanzar los 1223kgf/cm²(1200 bar), desde la bomba lineal hasta el inyector.

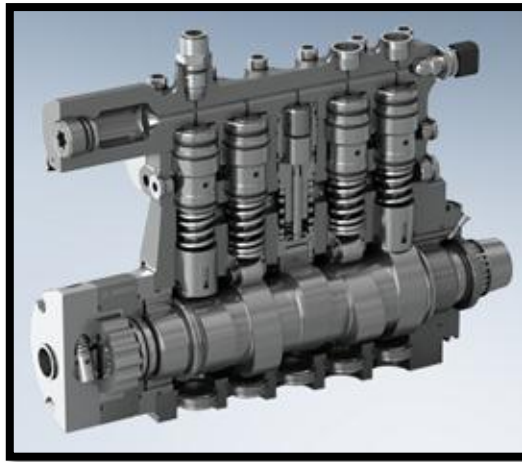
Figura 29. Cañerías



Fuente: <http://www.slideshare.net/alejandrobepmale/sistemas-de-inyeccion-diésel>

2.3.2 Funcionamiento de una bomba lineal

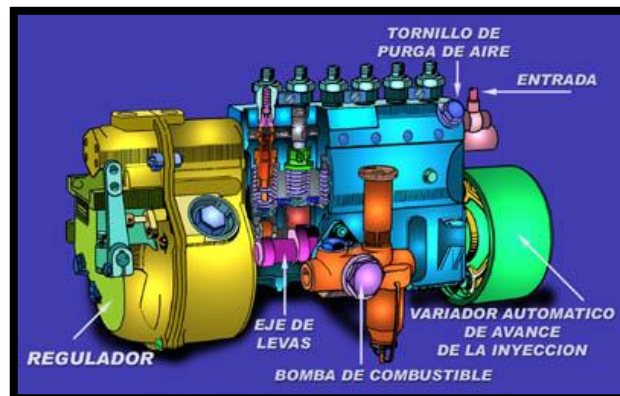
Figura 30. Bomba lineal en corte



Fuente: <http://www.bosch-automotivetechology.com/es/com>

Al girar el árbol de levas mueve los impulsadores y los émbolos ubicados en los cilindros de la bomba; mientras se oprime el acelerador se mueve la cremallera y esta a su vez hace girar el helicoidal que suministra más cantidad de combustible a los cilindros de la bomba y por medio de los émbolos el combustible es enviado hacia cada inyector en la cámara de combustión del motor. (RAYO, 2014)

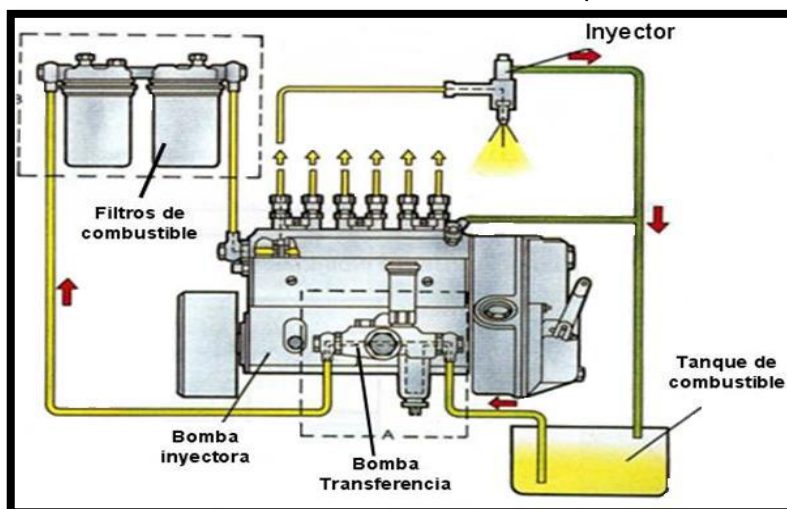
Figura 31. Bomba de inyección lineal (partes)



Fuente: <http://dc262.4shared.com/doc/yjs2C4xf/preview.html>

2.3.2.1 Sistemas de alimentación de combustible. Pertenecen al sistema de inyección los siguientes elementos: Bomba de combustible, filtro de combustible, bomba de inyección con regulador y variador de avance, así como porta inyectores, inyector.

Figura 32. Circulación de combustible desde el depósito hasta el inyector



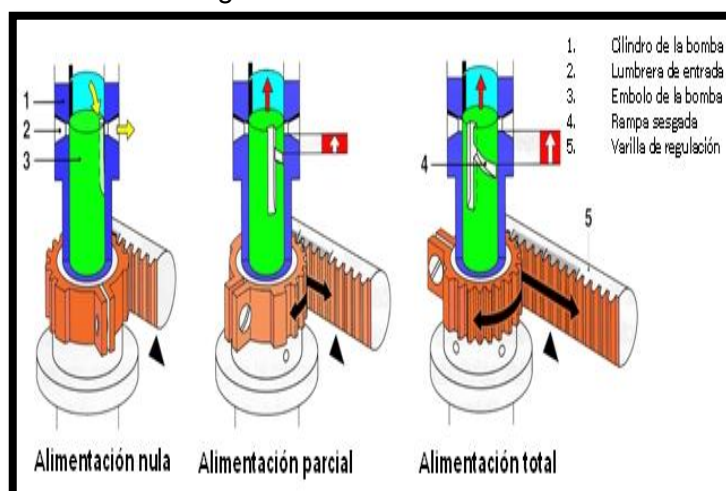
Fuente: GESEILSCHAFT, Tecnología del automóvil, pág. 330

2.3.2.2 Funcionamiento del émbolo. El pistón es ajustado al cilindro con una precisión de 0.02 a 0.03 mm. de un juego, que a elevada presión y baja velocidad, sella perfectamente sin necesidad de una empaquetadura especial.

Los pistones bombreadores poseen un fresado (corte) helicoidal con la finalidad de variar la cantidad de combustible inyectado. La cantidad inyectada es directamente proporcional al paso de la hélice enfrentada a la lumbrera de admisión de cilindro.

- Cuando mayor es el paso de la hélice mayor es el caudal.
- Cuanto menor el paso de la hélice menor el caudal.

Figura 33. Fases del émbolo



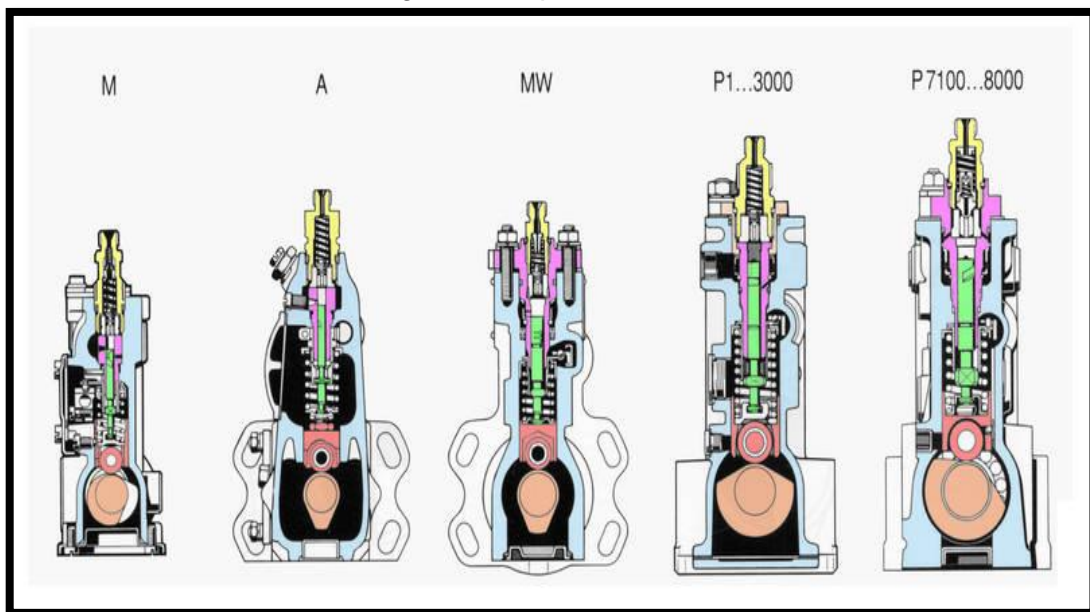
Fuente: Fuente: <http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/cursos/bombas1/elementosdebombaellinea.html>

2.4 Modelos de bombas en línea

Las diferentes necesidades del motor donde se instala el equipo de inyección y los crecientes requerimientos de potencias y emisiones que han ido surgiendo en el mercado, han obligado a una constante evolución de las bombas lineales para cubrir esta demanda con eficiencia.

2.4.1 Tipos y características de bombas en línea. Según el tamaño del motor y los valores de presión de inyección necesarios para su correcto funcionamiento.

Figura 34. Tipos de bombas



Fuente: Curso_bombas_en_linea_ELI_1a_parte

Tabla 1. Tipos de bomba en línea actuales

Tipo	M	A	MW	P1..3000	P7100..8000	R
Presión de inyección en bar	500	750	1100	950	1300	1400
aplicación	turismos y furgonetas	Camiones ligeros y medianos. tractores, motores industriales			Camiones pesados, motores industriales.	
Potencia en kw/cilindro	20	27	36	60	160	180

Fuente: Curso_bombas_en_linea_ELI_1a_parte

2.4.2 Significado de los caracteres de identificación. La fórmula de modelo se encuentra en la placa de identificación de cualquier bomba, incluso en los componentes más modernos como el Common rail.

Tabla 2. Significado de los caracteres

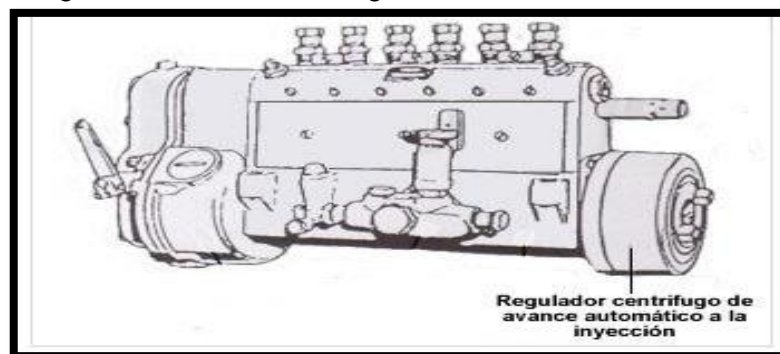
Bombas de inyección con árbol de levas propio PE = con fijación de bancada o bandeja PES = con fijación de brida frontal	P E . . . A . . C . . R S . .
Numero de cilindros 2-3-4-5-6-8-9-10-12	
Tamaño de la bomba M = 7 mm de carrera del émbolo A = 8 mm MW = 8 mm, 10 mm P = 10 mm, 11 mm, 12 mm Z = 12 mm C = 15 mm ..M = servicio con más de un tipo de combustible ..W = versión reforzada ..MW = versión reforzada para servicio con mas de un tipo de combustible	
Diámetro del émbolo en 1/10 mm	
Letra de modificación	
Código de montaje. Indica la posición de montaje del árbol de levas, y con ello el orden de inyección También informa sobre si hay, y en qué posición van montados el regulador, el variador de avance y la bomba de alimentación.	
Sentido de giro mirando desde el lado accionamiento de la bomba R = derecha L = izquierda	
Denominación de la especificación	
Letra complementaria para otro ajuste. (Se utilizan letras desde "Z" hacia atrás).	

Fuente: Curso_bombas_en_linea_ELI_1a_parte

2.5 Reguladores de avance de inyección

2.5.1 Regulador de avance automático a la inyección. En los motores Diésel como no hay salto de chispa, el inicio de la combustión se produce cuando inyectamos el combustible en el cilindro del motor, por lo tanto, será la bomba de inyección la que controlara el inicio de la inyección. La bomba contiene un sistema que actuara modificando el ángulo de avance de inyección de acuerdo a las revoluciones del motor ese ángulo puede ser hasta 8°

Figura 35. Posición del regulador de avance en la bomba

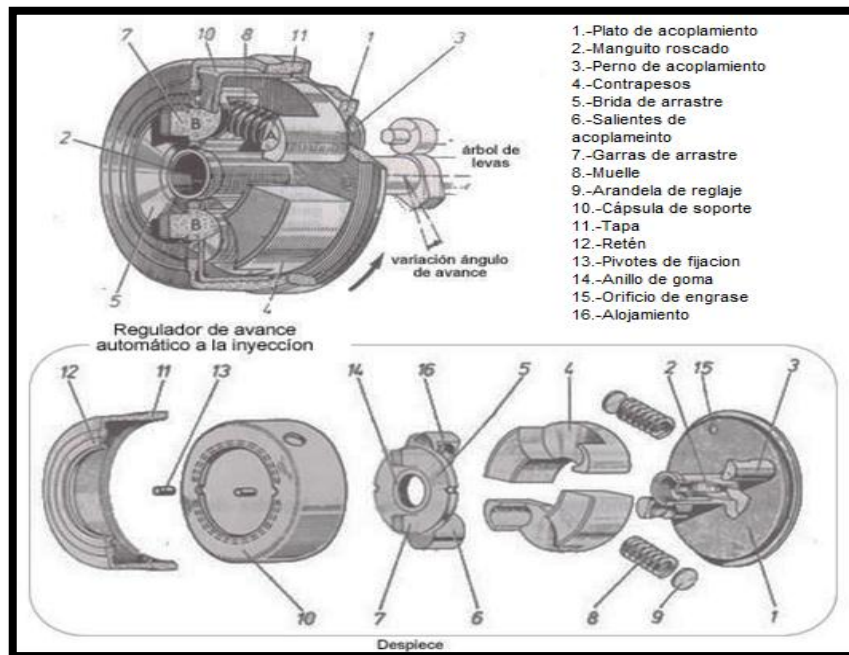


Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea-variador.htm>

2.5.1.1 Descripción del regulador. Está formado por un plato (1) de acoplamiento al árbol de levas de la bomba por medio del manguito roscado (2). En este plato y sobre los pernos (3), van situados los contrapesos o masas centrífugas (4), en cuyos rebajes de forma circular se acopla la brida de mando (5), formada por los salientes (6) de acoplamiento en los contrapesos y las garras de arrastre (7), a través de las cuales la bomba recibe el movimiento del motor.

La posición y regulación de los salientes (6), con respecto a las masas centrífugas, se realiza por medio de unos muelles (8) y unas arandelas de reglaje (9), que unen los salientes (6) con los pernos (3) del plato de acoplamiento, alojándose en los huecos del saliente (16). El conjunto va cerrado por medio de la cápsula soporte (10) y la tapa (11).

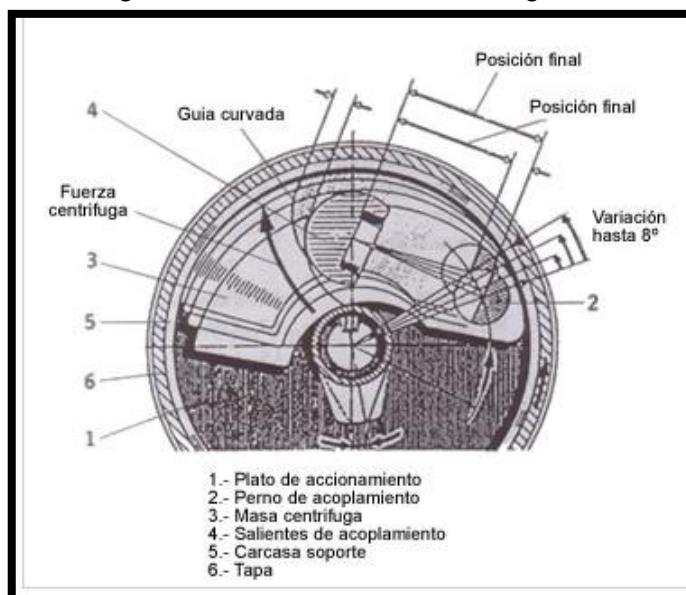
Figura 36. Partes del regulador



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea-variador.htm>

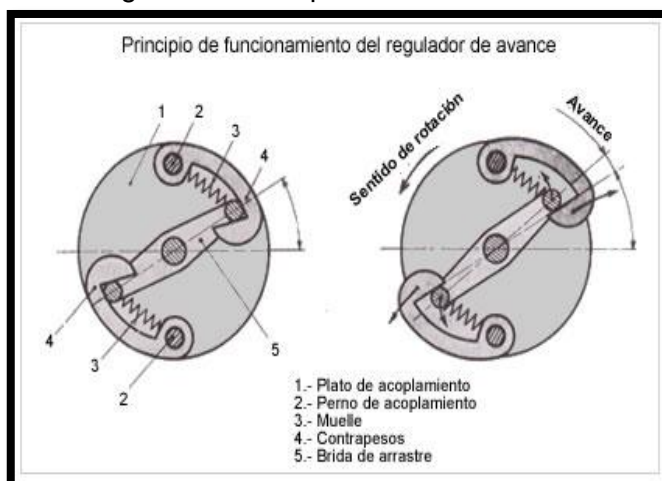
2.5.1.2 Funcionamiento. Cuando el motor aumenta su velocidad, los contrapesos (4), por efecto de la fuerza centrífuga, tienden a desplazarse hacia el exterior, empujando a los salientes (6) de la brida de mando, que se desplazan comprimiendo a los muelles (8) y disminuyendo, por tanto, el ángulo de acoplamiento en la brida de arrastre. Como esta brida no puede adelantarse ni retrasarse por estar unida a la transmisión del motor, son los perno (3) los que se desplazan en el sentido de avance de la bomba. Con ello arrastran el plato de acoplamiento con el árbol de levas y, por tanto, logran un adelanto de las levas del mismo. (CORTEZ, 2013)

Figura 37. Funcionamiento del regulador



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea-variador.htm>

Figura 38. Principio de funcionamiento



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea-variador.html>

De esta forma, la fuerza centrífuga de los contrapesos actúa en contra de la forma de los muelles, pero en el sentido de rotación de los pernos (3) de la brida de acoplamiento, de modo que esta brida (y por tanto el árbol de levas) se adelanta a la brida de mando en proporción al número de revoluciones del motor. Con ello se adelanta el comienzo de la inyección en la bomba. El ángulo de avance a la inyección varía entre un máximo y un mínimo según el desplazamiento de los contrapesos, limitado por medio del rebaje o guía circular de los mismos, de forma que el desplazamiento de las masas es relativamente grande para un pequeño valor de fuerza centrífuga y se reduce a medida que la fuerza centrífuga aumenta; es decir, que

el desplazamiento es mayor para un número de revoluciones bajo y se reduce a medida que el número de revoluciones aumenta.

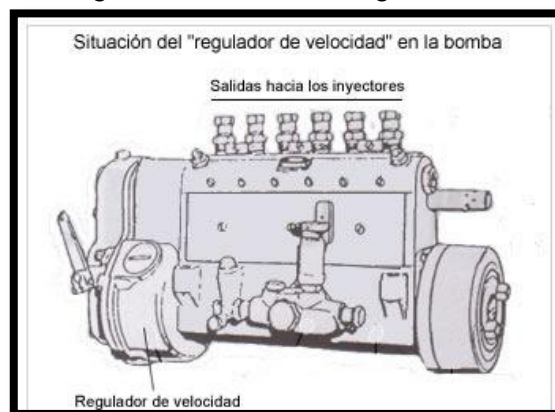
De esta forma se obtiene la fuerza suficiente para la variación angular, incluso con reducido número de revoluciones.

El reglaje o variación del ángulo de avance se efectúa poniendo o quitando arandelas (9) entre muelle y su asiento del saliente (6), con lo que se consigue dar mayor o menor presión al muelle (8) y, por tanto, favorecer o no la acción de los contrapesos sobre el mecanismo de arrastre.

2.6 Gobernadores

Tiene por misión regular la velocidad máxima y mínima que el motor puede alcanzar cuando decrece su par resistente o cuando trabaja en vacío, actuando sobre la cremallera que regula la dosificación de combustible a inyectar en los cilindros del motor, la cremallera es accionada por el pedal de aceleración. (PAREDES MEDINA , 2013)

Figura 39. Posición del gobernador



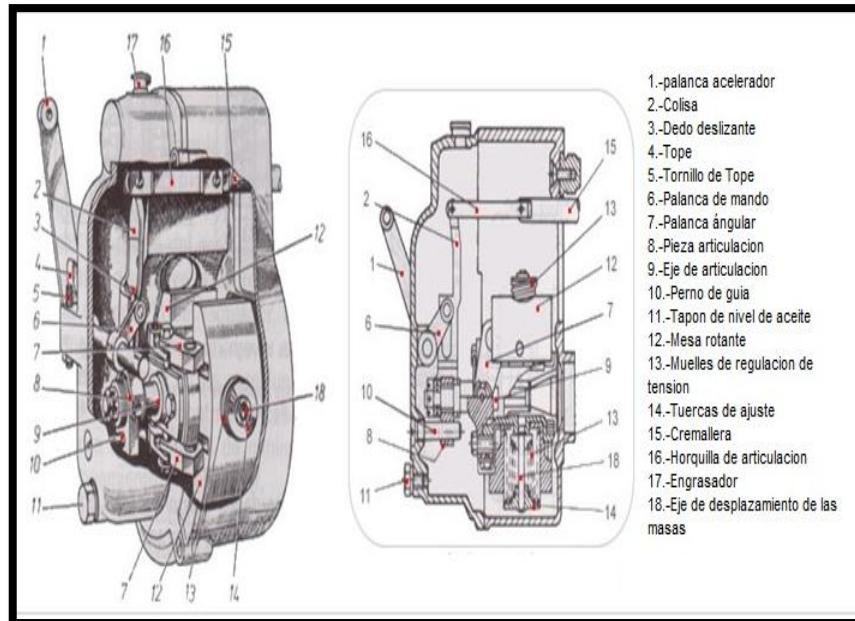
Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea-variador.html>

2.6.1 Gobernador mecánico. También denominado regulador de máximas y mínimas revoluciones, su función es regular los regímenes bajos y altos del motor, este sistema percibe el movimiento rotacional del árbol de levas, este conjunto está formado por unas pesas(12) que tienen un desplazamiento circular, conforme aumentan las revoluciones se irá incrementando la fuerza centrífuga lo que hará que se desplace hacia la parte externa del eje de rotación(9), a su vez moverá a la cremallera por

medio del sistema de mecanismos de palancas, de esta forma se controlara la carrera efectiva en función de la revoluciones por minuto.

El sistema regula las máximas revoluciones al equilibrar el desplazamiento de la palanca angular con la calibración que se puede realizar en los tornillos de ajuste de máximas revoluciones, protegiendo el motor de combustión interna de posibles fallos.

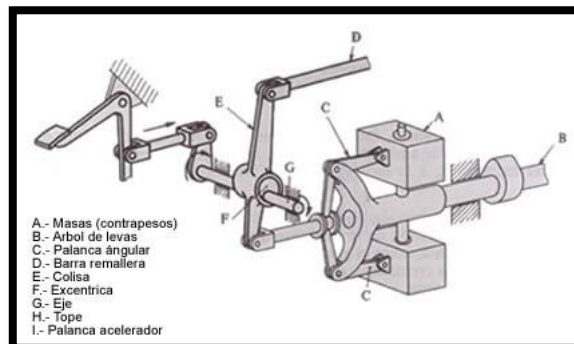
Figura 40. Partes del regulador centrífugo



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea-regulador.htm>

El sistema de regulación de mínimas revoluciones, posee el mismo principio de funcionamiento de máximas revoluciones, la diferencia está en que el tipo de muelle que condiciona el desplazamiento de las masas es de menor coeficiente de deformación comparada con el de máximas.

Figura 41. Esquema del regulador fuera de la carcasa



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea-regulador.html>

La dosificación del combustible a inyectar va a depender tanto de la acción del conductor al pisar el pedal acelerador como por la acción del regulador sobre la cremallera.

2.6.2 *Determinación del punto de inyección de la bomba.* Consiste en girar la bomba en un sentido de rotación para identificar el racor que corresponde al tubo del inyector No.1. (Bomba en línea).

2.6.3 *Calado de la bomba*

- Introduzca la bomba.
- Coloque tuercas de fijación.
- Coloque tuberías de alta y baja.
- Purgue o elimine el aire del sistema.

2.6.4 *Resumen técnico.* Las revoluciones constantes de un motor diésel son el resultado del equilibrio entre la cantidad de combustible inyectado y la resistencia que se opone a la aceleración.

La finalidad del regulador es estabiliza las revoluciones del motor dentro de ciertos límites.

Todo incremento de revoluciones del motor es una señal para que el regulador desacelere, controlando la cantidad de combustible inyectado.

2.7 Inyectores

Este influye en la pulverización del combustible y en su distribución por la cámara de combustión.

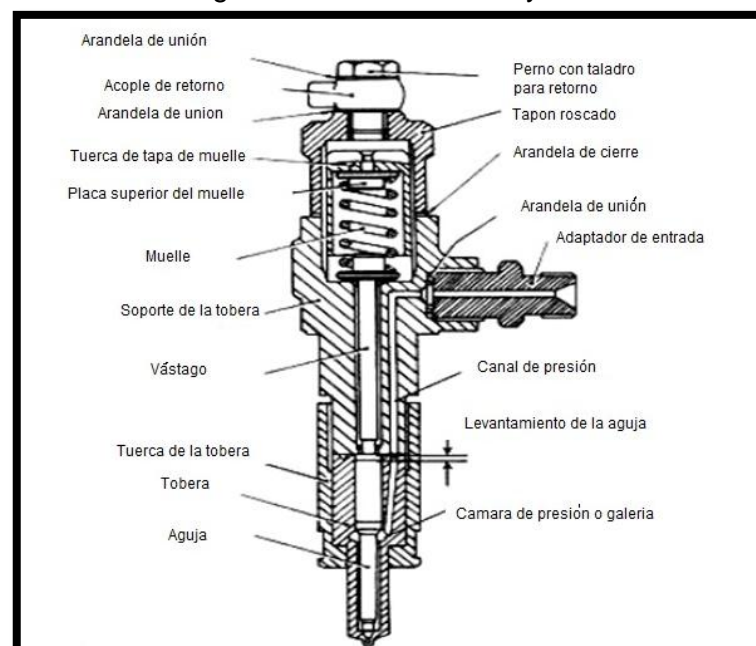
La selección del inyector depende de la construcción de la cámara de combustión, la localización del inyector y el tipo de sistema de inyección empleado.

Está comprobado que se necesita un inyector que funcione a presiones que superan los 20 MPa y para inyectar cantidades muy pequeñas de combustible en una llama incandescente a un ritmo de 150 a 1500 inyecciones por minuto.

A continuación se enuncian las condiciones que debe reunir el inyector:

- Que el combustible sea pulverizado en gotas de dimensiones convenientes.
- La energía cinética de las gotas debe ser suficiente para que esta penetren en el aire comprimido y alcancen los lugares más apartados de la cámara de combustión. Sin embargo, esa energía no debe ser tan grande como para que el combustible choque contra las paredes del cilindro de la cámara de combustión, donde formará carbón y se diluirá con el combustible.
- El comienzo y final de la inyección deben ser bien definidos. No debe producirse ni goteo, ni fugas entre dos inyecciones.
- Las características de la pulverización deben mantenerse durante todo el periodo de introducción de combustible.
- Además, debe ser fácil la fijación del valor de la presión de apertura, debe conservar esas condiciones el mayor tiempo posible, sin perder presión el resorte, sin deformarse el asiento y sin desgastarse la tobera.

Figura 42. Partes de un inyector

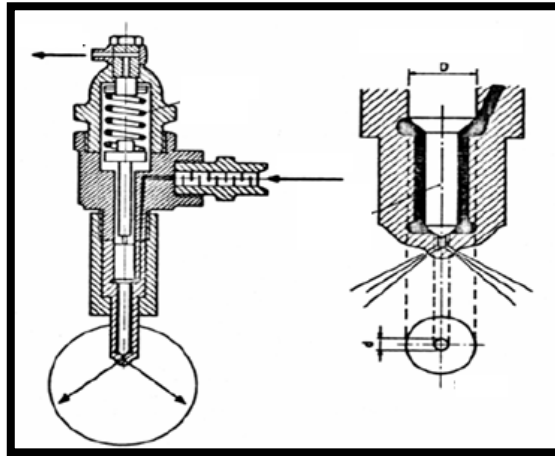


Fuente: Asmas, Sistemas de Inyección

Para el funcionamiento del inyector la bomba de inyección enviará combustible hacia este por medio de las cañerías de alta presión, el combustible entrara hacia el inyector por el conducto de admisión y será guiado por los conductos perforados hacia la cámara de presión, cuando la fuerza interna que genera la presión sobre el resalte de la aguja del inyector supera la fuerza del muelle, esta se abrirá y dejará salir el fluido a una gran velocidad logrando que este se pulverice.

Luego de salir la cantidad de combustible determinada por la bomba, la presión disminuirá ya la aguja regresará a su posición original cerrando herméticamente el paso de combustible hasta el momento de una nueva inyección.

Figura 43. Proceso de apertura del inyector



Fuente: Miralles de Imperial J, Inyección y combustión Motores Diésel

Es importante que una cierta cantidad de combustible se filtre después de cada inyección para que se pueda lubricar las guías de las válvulas de aguja y el cuerpo de la tobera, el exceso de combustible se almacenará en el contorno del vástago y del muelle, lo demás regresará a través de la cañería de retorno hacia el depósito de combustible. (TORRES ALVAREZ, 2005)

2.7.1 Inyectores con montaje a brida. Posee una brida para sujetarlo con tornillos en la culata y cuenta con un filtro del tipo de borde en la conexión de entrada, que protege al inyector porque retiene partículas que se pudieran desprender del tubo del inyector durante el servicio o por la vibración. La graduación de presión se ajusta con un tornillo prisionero contra la parte superior del resorte.

Figura 44. Inyectores con montaje a brida



Fuente: Asmas, Sistemas de Inyección

CAPÍTULO III

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

3.1 Diseño de la estructura

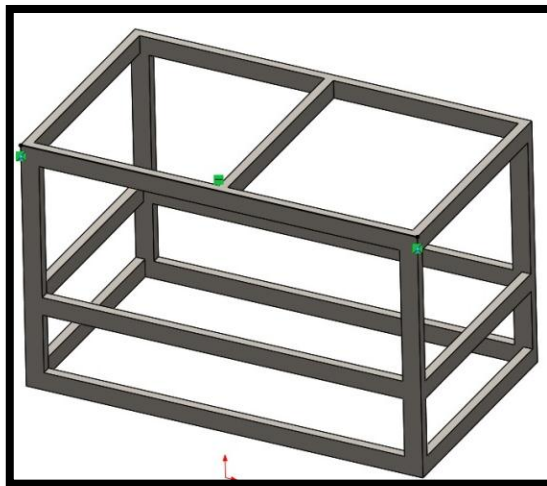
Para el diseño de la estructura principal del banco, se tiene como referencia los diferentes componentes y su distribución en la superficie del mismo, también se tomó en cuenta el peso de cada uno de estos elementos y posibles cargas externas, sin olvidar la movilidad del banco, con la finalidad de que sea factible su traslado.

Para el diseño de las bases en las que se apoyara la bomba lineal, se consideró la parte inferior de la esta, el regulador de máximas y mínimas rpm y el regulador de avance al a inyección, también se tomó en cuenta los puntos de sujeción tanto en la bomba como en el banco.

3.1.1 Estructura principal del banco. En la estructura se va a utilizar un perfil rectangular de 2.5cm X 5cm por 1.5 mm de espesor.

Las medidas del banco son, de largo 110cm, de ancho 63.4 cm y de alto 69 cm con dos tubos haciendo de largueros de 110 cm tanto en base inferior como en la superior, de este modo se absorbe gran parte de los esfuerzos generados por los elementos que conforman el banco didáctico.

Figura 45. Simulación de la estructura principal del banco



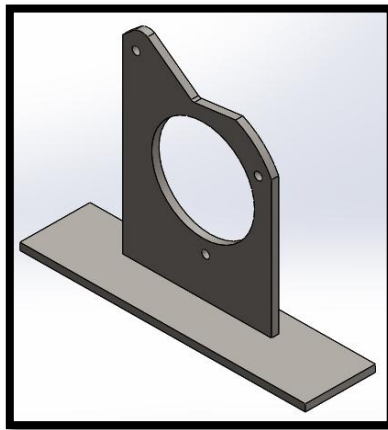
Fuente: Autores

3.1.2 *Diseño de las bases de la bomba lineal.* Para el diseño de las bases 1 y 2 que soportan la bomba lineal en el banco, se ha considerado la forma de la bomba y su peso.

En la base 1 se va a utilizar acero A36 cortado de planchas, con un espesor de 6 mm, las medidas de la base son: de ancho 5.8cm, de largo 23.6cm, de alto 12.1cm, llegando a tener un área de contacto con el banco de 136.9 cm².

Posee una cavidad circular de un diámetro de 8.5 cm en la que acopla un lado de la bomba, de este modo se absorbe los esfuerzos generados por el peso de la bomba.

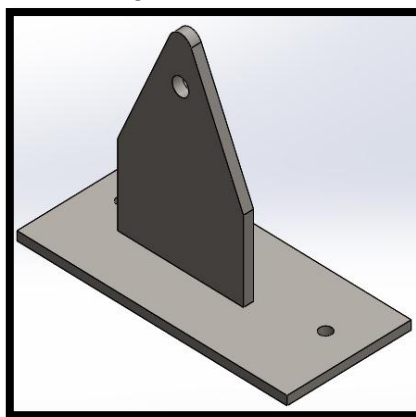
Figura 46. Base 1



Fuente: Autores

Para la base 2 se va a utilizar el mismo acero empleado en la base 1, con el mismo espesor, las medidas son: de ancho 7.4 cm, de largo 16.1cm, de alto 17.6cm, llegando a tener una área de contacto con el banco de 119.14cm².

Figura 47. Base 2



Fuente: Autores

3.1.3 Materiales. El material que fue empleado en la estructura del banco didáctico y en las dos bases que soportan a la bomba es el acero A36 cuya característica está dada por la norma ASTM (Sociedad Americana de ensayos y materiales), la que efectúa análisis de control de calidad, mediante ensayos mecánicos como: Tracción, corte, torsión, compresión y flexión.

Tabla 3. Características de las propiedades del acero A 36

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2e+011	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.26	N/D
Módulo cortante	7.93e+010	N/m ²
Densidad	7850	kg/m ³
Límite de tracción	400000000	N/m ²
Límite de compresión en X		N/m ²
Límite elástico	250000000	N/m ²
Coefficiente de expansión térmica en X		/K
Conductividad térmica en X		W/(m-K)
Calor específico		J/(kg-K)

Fuente: Solidworks

3.1.4 Soldadura. Para esta parte de la construcción, el tipo de electrodo por el que se optó es el E6011, por las aplicaciones que manifiesta las normas AWS (Sociedad Americana de Soldadura) el mismo que aplica la especificación AWS A5.1 Que para el electrodo **E6011** es la siguiente:

E, indica que se trata de un electrodo para soldadura eléctrica manual.

60, son dos dígitos que designan la mínima resistencia a la tracción, sin tratamiento térmico post soldadura del metal depositado, cuya medida está dada por **Ksi** que es el resultado un múltiplo más las unidades (**Kilo libras/ pulgada²**).

1, en este caso es el tercer dígito que nos indica la posición que se puede soldar satisfactoriamente con este electrodo (plana, vertical, techo y horizontal), si fuera 2 el tercer dígito solo se aplicaría para posiciones planas y horizontales.

1, este último dígito indica el tipo de corriente eléctrica y polaridad en la que mejor trabaja el electrodo, el tipo de revestimiento.

Tabla 4. Descripción de dígitos empleados en electrodos.

Última cifra	Tipo de corriente	Tipo de Revestimiento	Tipo de Arco	Penetración
E XX11	CA ó CCPI Polaridad inversa	Orgánico	Fuerte	Profunda

Fuente: Tipos de electrodos AGA.

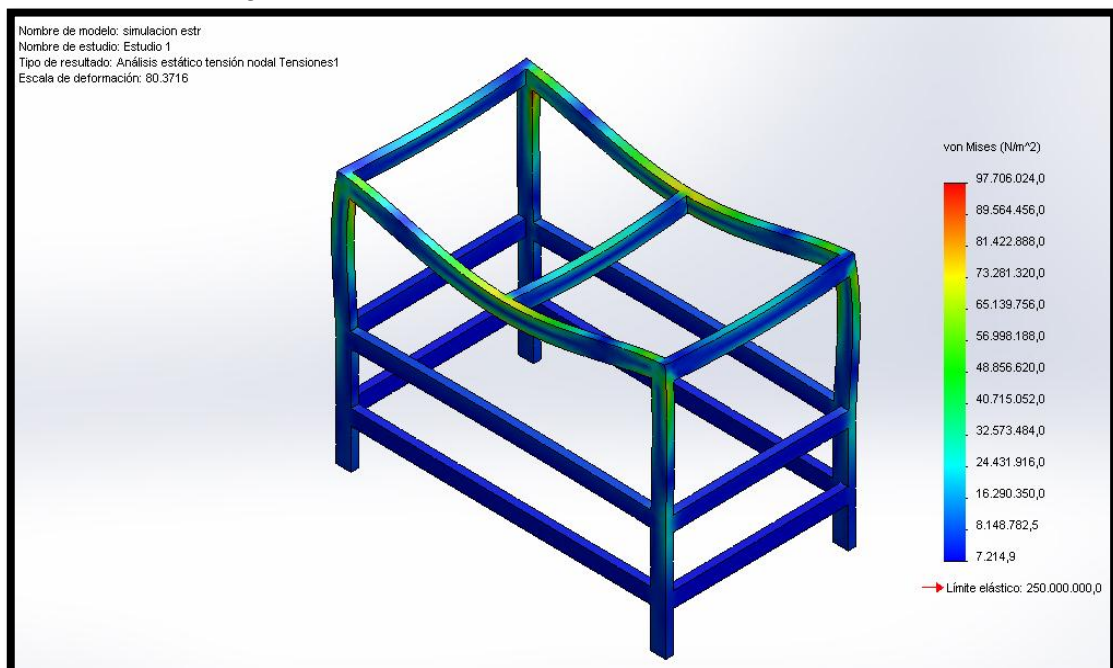
Estos revestimientos orgánicos ofrecen una resistencia a la corrosión de muy alto nivel mediante un efecto de barrera, refuerza la durabilidad de las uniones, incluso tras envejecimiento.

3.2 Análisis de esfuerzos

La estructura del banco didáctico y las dos bases que soportan a la bomba lineal se le someterá a un análisis de esfuerzos, por medio de la aplicación de un software denominado SOLIDWORKS, el mismo que es un programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico, mediante el análisis de elementos finitos, software que es utilizado en la actualidad.

Se tomó en cuenta todos los factores con el fin de conocer si la estructura y las bases soportaran el peso de todos y cada uno de los elementos que constituyen el banco didáctico.

Figura 48. Simulación de esfuerzos de la estructura 1



Fuente: Autores

Se observa los esfuerzos que se generan en la estructura debido al peso de los elementos que conforman el banco didáctico (bomba lineal 1, bomba lineal 2, motor eléctrico, caja reductora, estructura de soporte para inyectores, bases de soporte de la bomba), la suma de los pesos de todos los elementos mencionados da un total de 100 kg que es la carga total que soporta el banco.

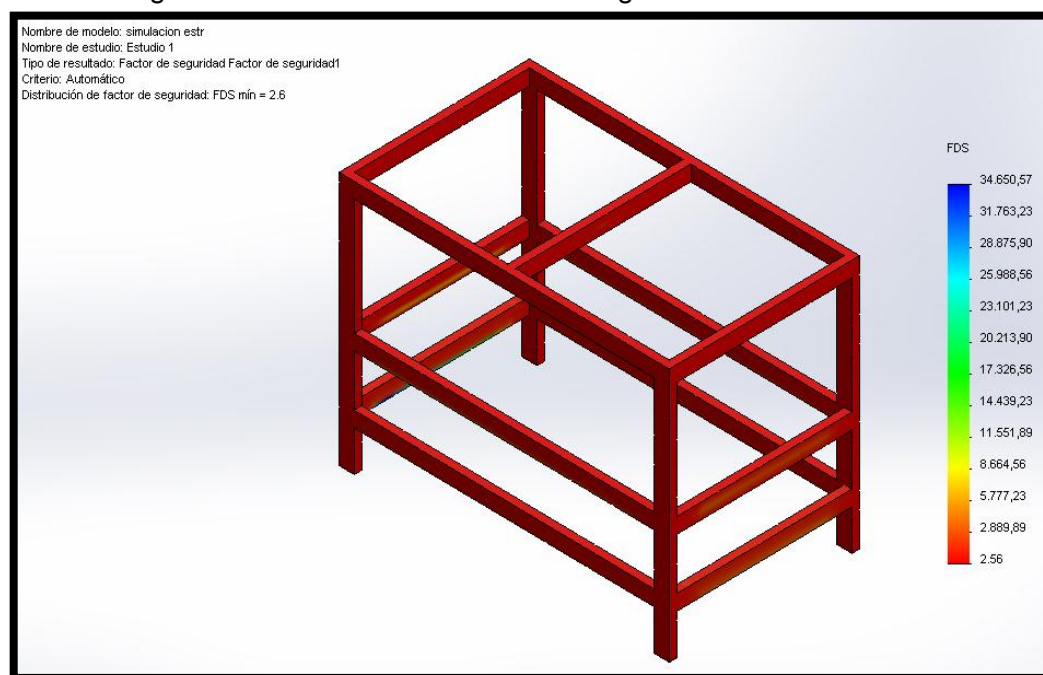
El esfuerzo máximo equivalente generado por los elementos del banco es de 97.7 MPA, si comparamos con el valor del esfuerzo del acero estructural A-36 que es de 247 MPA, nos damos cuenta que este último valor es mayor que el generado por los elementos del banco.

Una vez terminado el análisis de esfuerzos de la estructura se procede a realizar el análisis del factor de seguridad del diseño.

Se observa la distribución del factor de seguridad en el diseño por la teoría de Von Mises, un criterio de resistencia estática.

Un factor de seguridad de 1,0 en una ubicación significa que el material está alcanzando el límite elástico. En nuestro caso el factor de seguridad mínimo es de 2.56, significa que todo el diseño es seguro.

Figura 49. Simulación del factor de seguridad de la estructura 1

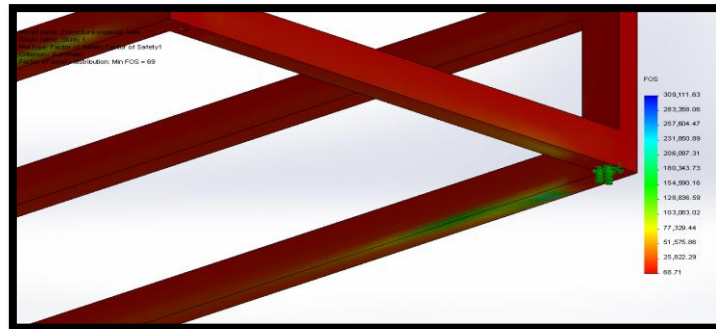


Fuente: Autores

Se observa una ampliación del lugar exacto de la estructura donde se encuentran los valores más altos del factor de seguridad que está representado por la gama de colores cercanos al color azul.

En contraste encontramos el color rojo en la mayor parte de la estructura que representa el factor de seguridad mínimo que posee el banco.

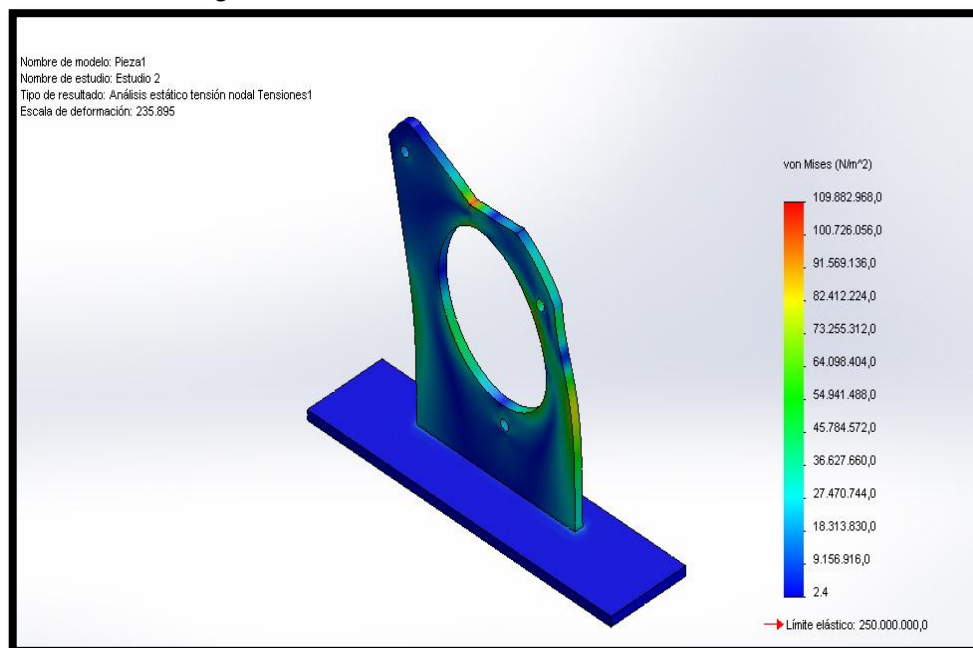
Figura 50. Detalle de zona con factor de seguridad elevado estructura 1



Fuente: Autores

Se observa esfuerzos que se produce en la base 1 debida al peso de la bomba lineal que es de 45 kg y al momento que produce la bomba para darle movimiento con el reductor que es de 30 Nm. El esfuerzo máximo equivalente es de 109.8 MPa, este valor es menor al esfuerzo del acero A-36, teniendo un valor de 247MPa.

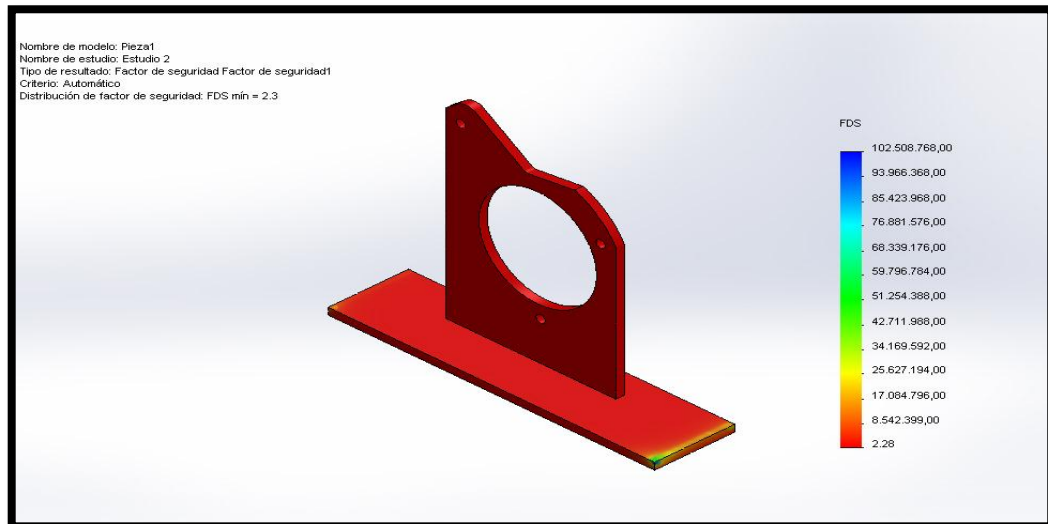
Figura 51. Simulación de esfuerzos de la base 1



Fuente: Autores

Se observa la distribución del factor de seguridad en el diseño por la teoría de Von Mises. En nuestro caso el factor de seguridad mínimo es de 2.28, significa que todo el diseño es seguro.

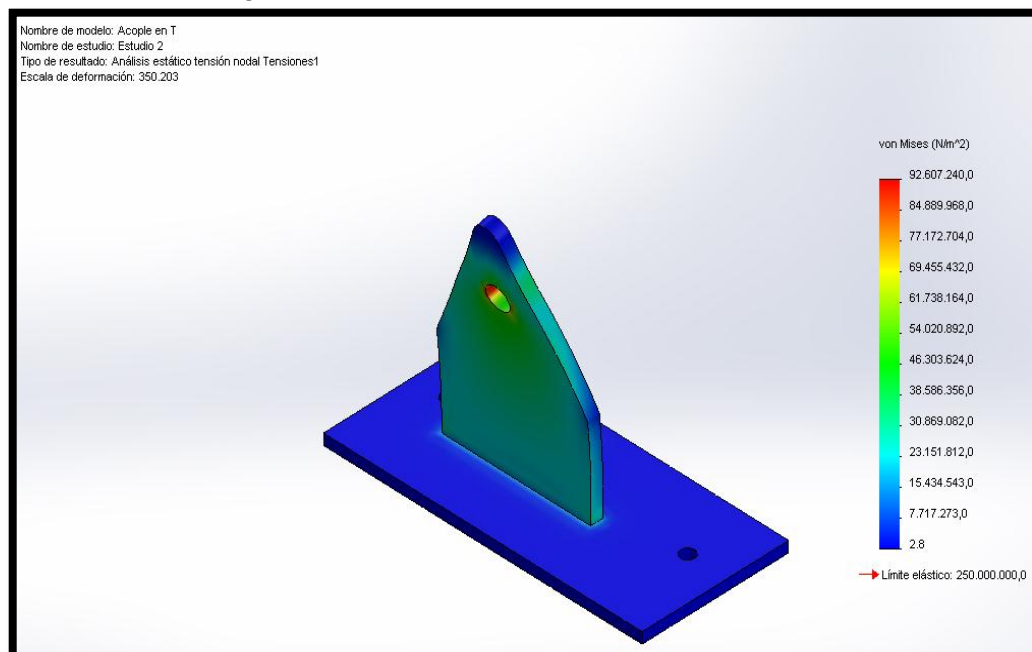
Figura 52. Simulación del factor de seguridad de la base 1



Fuente: Autores

Se observa esfuerzos que se produce en la base 2 debido al peso de la bomba lineal que es de 45 kg. El esfuerzo máximo equivalente es de 92.6 MPA, este valor es menor al esfuerzo del acero A-36, teniendo un valor de 247MPa.

Figura 53. Simulación de esfuerzos de la base 2

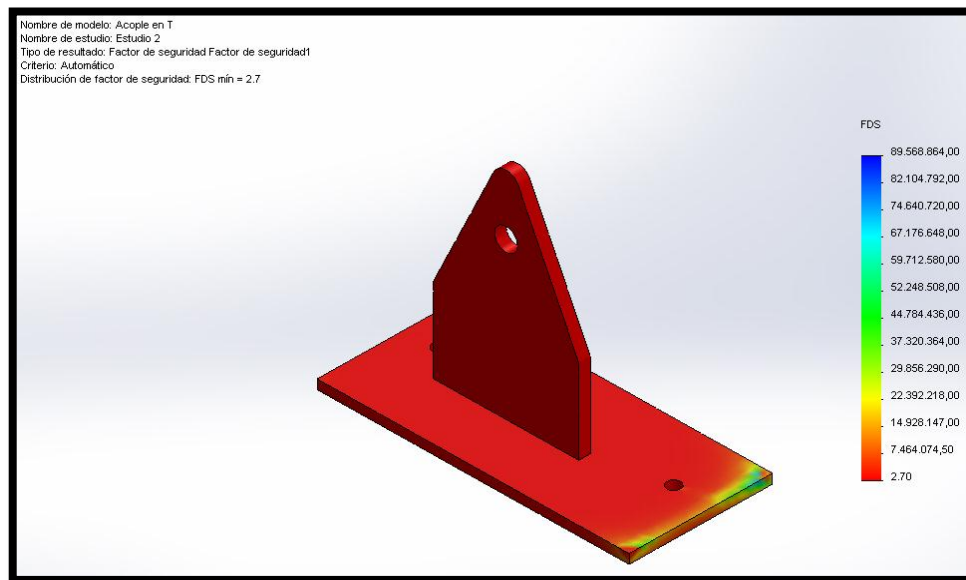


Fuente: Autores

Se observa la distribución del factor de seguridad en el diseño por la teoría de Von Mises.

En nuestro caso el factor de seguridad mínimo es de 2.7, significa que todo el diseño es seguro.

Figura 54. Simulación del factor de seguridad de la base 2



Fuente: Autores

3.3 Herramientas y materiales utilizadas en la construcción de la estructura

Para la construcción de la estructura del banco didáctico se empleó diferentes tipos de herramientas, maquinas herramientas y materiales como son:

3.3.1 Herramientas

- Martillo.
- Flexómetro.
- Sierra.
- Brocas.
- Marcador.
- Escuadra.
- Llaves.
- Desarmadores.

3.3.2 *Máquinas herramientas*

- Pulidora.
- Soldadora eléctrica.
- Compresor de aire.
- Taladro.
- Cortadora eléctrica de metal.

3.3.3 *Materiales*

- Tubo rectangular de acero.
- Platina de acero.
- Electroodos.
- Tornillos.
- Pernos y tuercas.
- MDF.
- Acrílico.
- Soportes de aluminio.
- Reservorio de combustible.
- Abrazaderas.
- Codos y acoples de bronce.
- Pintura(fondo).
- Motor eléctrico de 1 hp.
- Caja reductora de revoluciones.
- Acoples.
- Luces LED.
- Probetas.
- Pernos.
- Rodelas.
- Cable eléctrico.
- Válvula anti retorno.

3.4 **Construcción de la estructura e implementación de los elementos**

3.4.1 *Construcción de la estructura.* Para poder iniciar la construcción de la estructura es necesario tener los planos del mismo, así empezaremos por realizar los

cortes del tubo rectangular acorde con las medidas que estipula el plano. Estos cortes se realizaron por medio de una cortadora eléctrica de metal después de haber realizado las mediciones correspondientes.

Figura 55. Medida y cortado del tubo estructural



Fuente: Autores

Luego de haber cortado todos los tubos con sus respectivas medidas, se procede a armar la estructura, lo que significa acoplar estos elementos, esto se lo realizó utilizando la soldadora eléctrica la que realiza la unión de las partes metálicas por medio de un arco eléctrico que se genera entre el electrodo y el material a soldar.

Figura 56. Soldando los elementos estructurales



Fuente: Autores

Después de soldar todas y cada una de los ensambles necesarios para obtener la estructura del banco, se procede a limar todas estas uniones utilizando una pulidora para darle un mejor acabado a la estructura.

Figura 57. Puliendo las esquinas soldadas



Fuente: Autores

Una vez terminada la limada del banco para quitar las rugosidades de la soldadura, se procede a pintar la estructura con un material denominado fondo, este sirve como escudo para proteger el esqueleto del banco contra la corrosión evitando de esta manera el deterioro prematuro del mismo.

Figura 58. Fondeo de la estructura



Fuente: Autores

3.4.1 *Acabados del banco didáctico.* En la figura inferior tenemos los tableros MDF que serán cortados a la medida para proceder con el forrado de la estructura metálica del banco con la finalidad de mejorar su robustez y su estética.

Figura 59. Tableros de MDF



Fuente: Autores.

En la siguiente imagen se muestra el corte que se les realiza a los tableros por, medio de una maquinaria diseñada para este trabajo en específico, dicho elemento de corte no despostilla los filos.

A más de esto también se pega un material denominado canto duro a los filos de los tableros, el material mencionado va acorde al color de los tableros, brindando así un mejor acabado.

Figura 60. Corte de tableros MDF



Fuente: Autores

Luego procedemos a atornillar los tableros ya cortados y pegados el canto duro en sus respectivos filos, a la estructura del banco, tanto en sus costados como el parte superior de la mesa.

Figura 61. Acabados de la estructura



Fuente: Autores

3.5 Implementación de los elementos que conforman el banco didáctico

Consiste en el procedimiento de montaje de las partes que permitirán el funcionamiento del banco.

3.5.1 Implementación del motor de corriente alterna. Un motor monofásico de 3500rpm de 120v, marca WEG que fue montado en el banco para suministrar el movimiento requerido para la simulación del funcionamiento de la bomba lineal y la inyección del combustible.

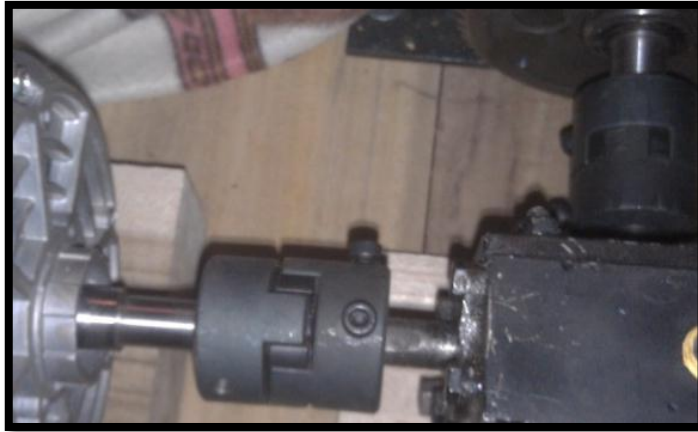
Figura 62. Motor eléctrico



Fuente: Autores

3.5.2 Implementación de acoples. Para la transmisión del movimiento generado por el motor, hacia los diferentes elementos móviles, se utilizó acoples flexibles o elásticos los mismos que fueron torneados previo a su montaje en los respectivas puntas de ejes.

Figura 63. Acoples



Fuente: Autores

3.5.3 *Implementación de la caja reductora.* Se utilizó una caja reductora con un tornillo sin fin lubricado, con el fin de obtener las revoluciones requeridas, posee un factor de desmultiplicación de 50 a 1, en el proceso de montaje acoplamos el motor y la caja reductora por medio de uno de nuestros acoples elásticos.

Figura 64. Caja reductora de revoluciones



Fuente: Autores

3.5.4 *Implementación de la protección de acrílico.* Por motivos de seguridad se ha dispuesto la utilización de una protección de acrílico, que nos permite la visualización de los elementos móviles, sin riesgo de accidentes para los operadores y practicantes.

Figura 65. Protección de acrílico

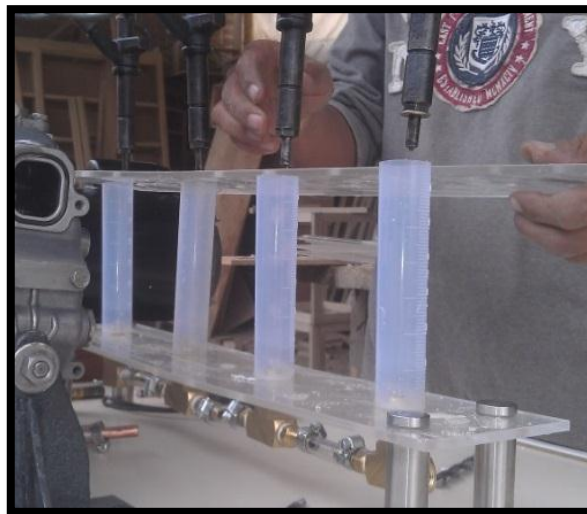


Fuente: Autores

3.5.5 Implementación de la estructura porta probetas para el sistema de descarga

El banco simula el funcionamiento real de una bomba lineal y la inyección de combustible por lo que fue necesaria la construcción de un sistema que nos permita la recolección de combustible inyectado, la descarga del mismo y sobre todo para evitar filtraciones que pueden generarse por la atomización del diésel.

Figura 66. Sistema de descarga



Fuente: Autores

3.5.6 Ensamblaje de la bomba lineal de entrenamiento. Una vez montados todos los elementos antes mencionados procedemos a insertar la bomba lineal con sus respectivos acoples para transmitir el movimiento, además se instala sus respectivas cañerías de alta presión conjuntamente con los inyectores.

Figura 67. Ensamble de la bomba en el banco



Fuente: Autores

3.5.6.1 *Implementación del regulador de avance automático a la inyección.* Se procede a montar el regulador de avance a la inyección, por uno de sus extremos como se muestra en la figura inferior con el acople que proviene del reductor de rpm, y por el otro lado se acopla con el árbol de levas de la bomba.

Figura 68. Regulador de avance a la inyección



Fuente: Autores

3.5.6.2 *Implementación del regulado mecánico de máximas y mínimas.* En la imagen inferior se puede observar su forma externa, la que se encuentra en la posición opuesta al regulador de mínimas y máximas, este elemento es indispensable para regular las rpm y la posición de la cremallera, que a su vez controla el caudal de combustible inyectado.

Figura 69. Gobernador de máximas y mínimas



Fuente: Autores

3.5.6.3 Implementación de las válvulas de retención o de presión. Su función es permitir el paso de combustible desde los émbolos hacia las cañerías de alta presión y evitar el retorno del mismo, manteniendo la presión adecuada en el sistema de alta.

En la figura inferior se muestra la ubicación que posee en la bomba lineal, y como se acopla tanto a la bomba como a las cañerías de alta presión.

Figura 70. Válvulas de retención de la bomba



Fuente: Autores

3.5.6.4 Implementación de las cañerías de alta presión con su respectivo manómetro. En la imagen se muestra las cañerías de alta presión de color púrpura seguido por el manómetro que nos permitirá visualizar los cambios de presión que se generan en el sistema.

Para el montaje del manómetro se utilizó acoples de bronce, se encuentra ubicado entre la parte superior de la válvula de retención y la parte inferior de la cañería de alta presión.

Figura 71. Sistema de alta presión y manómetro



Fuente: Autores

3.5.6.5 Implementación de los inyectores y su respectivo retorno de combustible. El inyector se encuentra anclado por la parte lateral a la cañería de alta presión y por la parte superior al retorno que conduce los residuos de combustible devuelta al reservorio, el color asignado es el negro en nuestro proyecto.

Figura 72. Inyectores y retorno de combustible



Fuente: Autores

3.5.6.6 Implementaciones de la bomba de succión (bombín). Está designado de color rojo como se muestra en la imagen, se encuentra sujetado en la parte frontal de la bomba lineal, promedio de tres pernos, es el elemento que nos permite mantener la circulación del combustible en todo el circuito de baja presión.

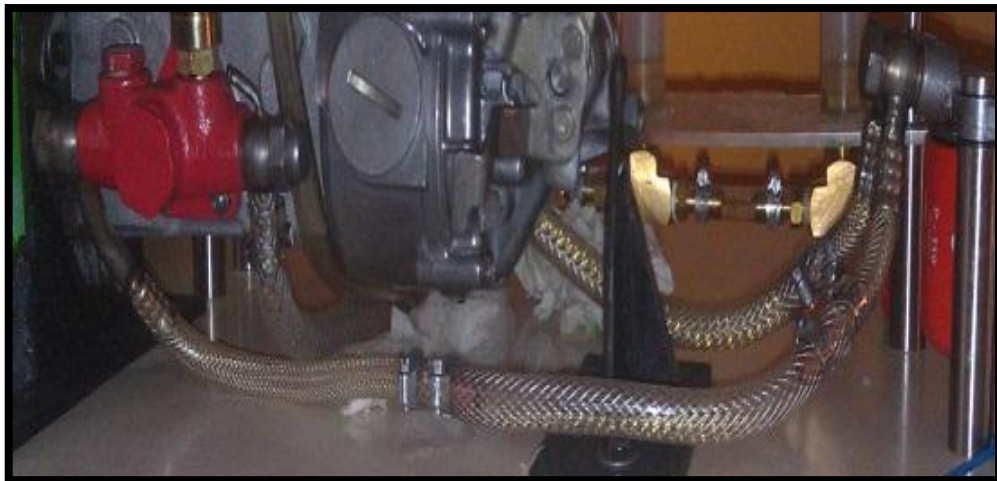
Figura 73. Bomba de succión (bombín)



Fuente: Autores

3.5.6.7 Implementación de las mangueras de baja presión y su respectivo manómetro. Son transparentes con la finalidad de observar la circulación del combustible, estas mangueras entrelazan los componentes de baja presión como son filtro de combustible, bombín, tanque reservorio de combustible.

Figura 74. Mangueras de baja presión y manómetro



Fuente: Autores

En la imagen inferior se muestra el manómetro correspondiente al sistema de baja presión, el mismo que fue ubicado con el objetivo de conocer la presión que se genera en el sistema, fue montado mediante acoples de bronce acorde a las medidas de las cañerías.

Figura 75. Manómetro del sistema de baja presión



Fuente: Autores

3.5.6.8 Implementación del filtro de combustible. Para su ubicación fue necesario colocar soportes en la superficie del banco, se encuentra asignado de color anaranjado, su función es evitar el paso de impurezas que contiene el combustible.

Figura 76. Filtro de combustible



Fuente: Autores

3.6 Ensamblaje del sistema eléctrico del banco

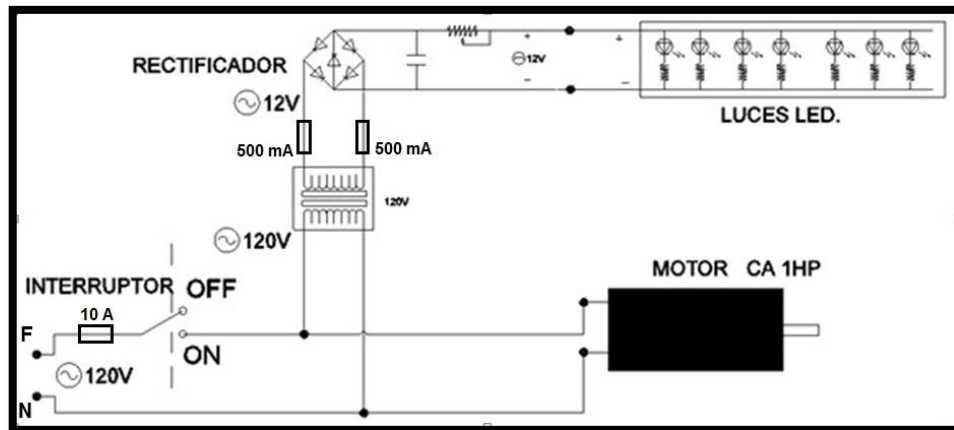
Para poder realizar el sistema eléctrico del banco, tomamos en cuenta los siguientes aspectos:

- El tipo de corriente disponible en el medio.
- Materiales disponibles en el medio para facilitar su refacción.

- La potencia de traba que utiliza los diferentes consumidores eléctricos de nuestro banco.

3.6.1 Diagrama del sistema eléctrico

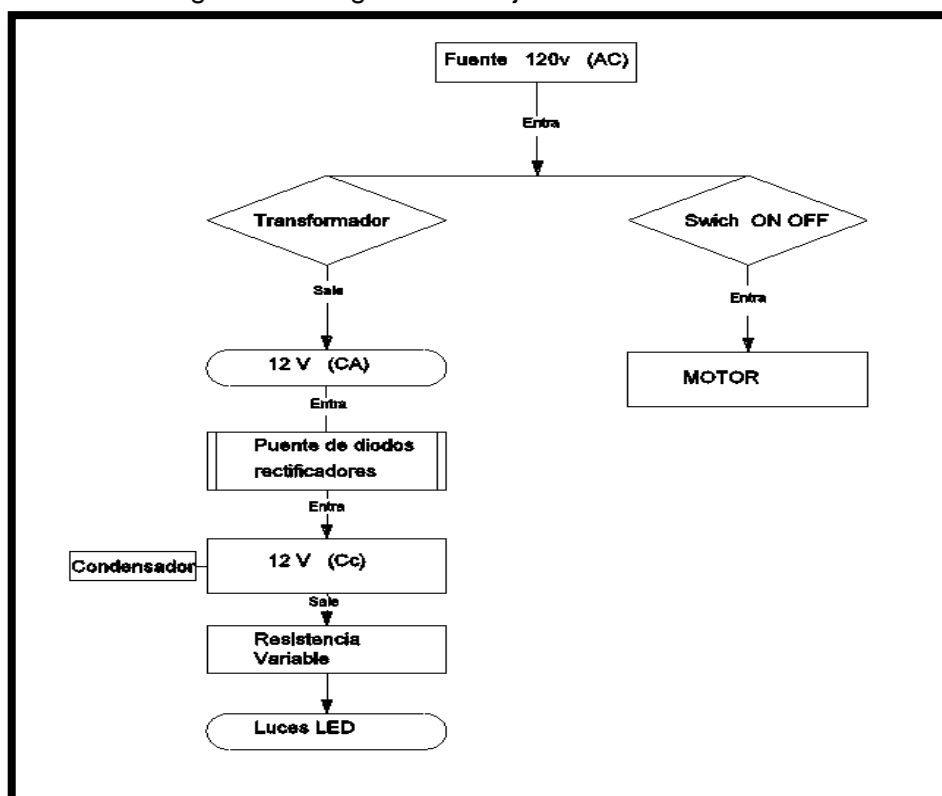
Figura 77. Diagrama del sistema eléctrico



Fuente: Autores

3.6.2 Diagrama de flujo del sistema eléctrico

Figura 78. Diagrama de flujo del sistema eléctrico



Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

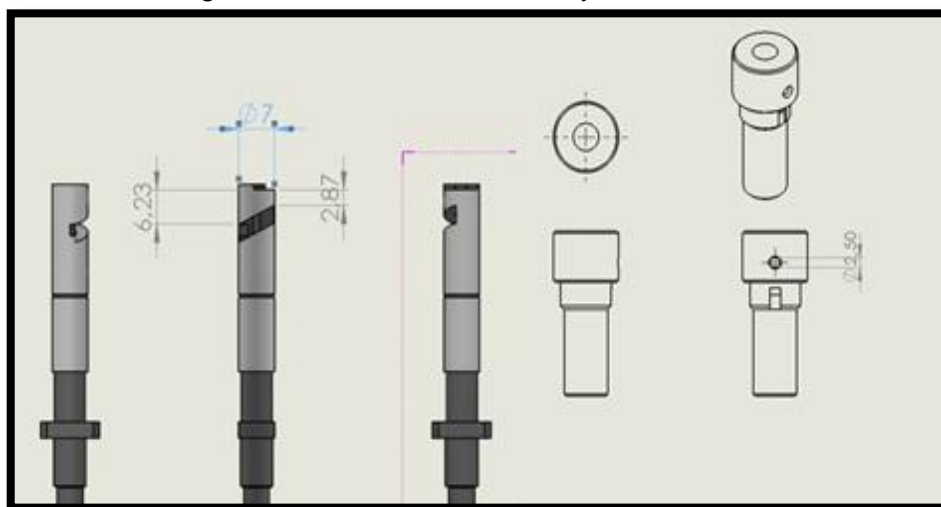
4. CÁLCULOS

4.1 Datos técnicos de la bomba

- Código de la bomba: ND-PES4A70B320RND129
- Características de la bomba por el código.
- PES: Con fijación de la brida frontal.
- 4: Tiene 4 cilindros.
- A: 8mm de Carrera del émbolo.
- 70: 7mm de diámetro del émbolo.
- B320: Letra de modificación.
- R: Sentido de giro a la derecha
- ND 129: Especificación tipo de bomba.
- Presión de la bomba = 750 bar (presión para turismo y furgonetas)
- Potencia del motor = 36.18 HP Por cada cilindro.
- Presión para vencer la fuerza del resorte del inyector 220 kgf/cm²
- D= Diámetro del cilindro = 7mm.

4.2 Cálculo de la carrera efectiva a diferente régimen

Figura 79. Medidas de émbolo y cilindro en mm



Fuente: Autores

- $L1 = \text{Carrera Efectiva Mínima (sin aceleración)} = 2,87 \text{ mm} - 2,5 \text{ mm} = 0,37 \text{ mm}$
- $L2 = \text{Carera Efectiva ntermedia (aceleración media)} = 6,23 \text{ mm} - 2,87 - 2,5 = 0,86 \text{ mm}$
- $L3 = \text{Carrera Efectiva Máxima (aceleración máxima)} = 6,23 \text{ mm} - 2,5 \text{ mm} = 3,73 \text{ mm}$

4.3 Método de c culo para caudales

El método de c culo para esta bomba que vamos a utilizar es de una bomba reciprocante cuyo elemento bomba está conformado por un pistón y un cilindro que cumplir  una carrera de empuje del fluido produciendo un caudal que deberemos calcular con los datos de nuestra bomba.

4.4 C culo de caudal, presión y velocidad en el circuito de alta presión

El caudal teórico Se calcula mediante las expresiones:

$$Q_t = V_t \times \omega \quad (1)$$

$$V_t = \pi * r^2 * L \quad (2)$$

Dónde:

V_t = volumen teórico (mm^3)

ω = velocidad angular de la bomba (rev/min)

r = radio del pistón (mm)

L = carrera del pistón (mm)

4.4.1 C culo de caudal mínimo (con cremallera sin acelerar)

$L1 = \text{Carrera Efectiva Mínima (sin aceleración)} = 0,37 \text{ mm}$

$r = \text{Radio del cilindro} = 3.5 \text{ mm}$

$\omega = \text{Velocidad angular de la bomba} = 72 \text{ rev/min}$

$$V_t = \pi * r^2 * L1$$

$$V_t = 3.14159 * (3.5 \text{ mm})^2 * 0.37 \text{ mm}$$

$$V_t = 14.24 \text{ mm}^3$$

$$Q_{tmin} = V_t * \omega$$

$$Q_{tmin} = 14.24 \text{ mm}^3 * 72 \text{ rev/min}$$

$$Q_{tmin} = 1025.2296 \frac{mm^3}{min}$$

$$Q_{tmin} = 1.025 \frac{cm^3}{min}$$

4.4.2 Cálculo de caudal medio (con cremallera acelerada a la mitad)

$$L2 = \text{Carrera Efectiva Media (acelerada a la mitad)} = 0.86mm$$

$$r = \text{Diámetro del cilindro} = 3.5mm$$

$$\omega = \text{Velocidad angular de la bomba} = 72 \text{ rev/min}$$

$$Vt = \pi * r^2 * L2$$

$$Vt = 3.14159 * (3.5mm)^2 * 0.86mm$$

$$Vt = 33.1mm^3$$

$$Q_t = V_t * \omega$$

$$Q_{tmed} = 33.1mm^3 * 72 \text{ rev/min}$$

$$Q_{tmed} = 2382.96 \frac{mm^3}{min}$$

$$Q_{tmed} = 2.38 \frac{cm^3}{min}$$

4.4.3 Cálculo de caudal máximo (con cremallera acelerada al máximo)

$$L3 = \text{Carrera Efectiva Máxima} = 3.73mm$$

$$r = \text{Radio del cilindro} = 3.5mm$$

$$\omega = \text{Velocidad angular de la bomba} = 72 \text{ rev/min}$$

$$Vt = \pi * r^2 * L3$$

$$Vt = 3.14159 * (3.5mm)^2 * 3.37mm$$

$$Vt = 143.54mm^3$$

$$Q_{tmax} = V_t * \omega$$

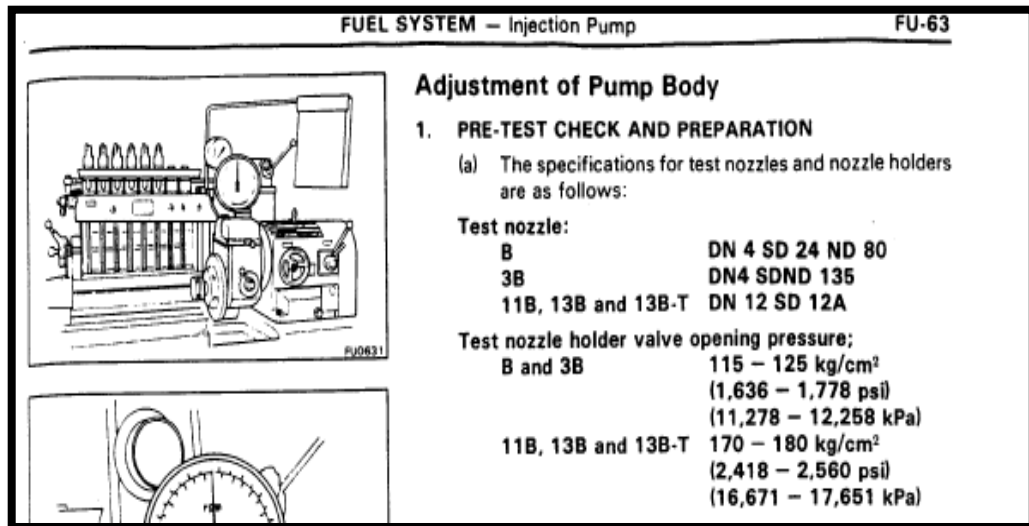
$$Q_{tmax} = 143.54mm^3 * 72 \text{ rev/min}$$

$$Q_{tmax} = 1035.4 \frac{mm^3}{min}$$

$$Q_{tmax} = 10.33 \frac{cm^3}{min}$$

4.4.4 Presión del circuito de alta. Según datos técnicos del manual de la bomba de inyección la presión del sistema es de 2418 a 2560 psi.

Figura 80. Presión del sistema de alta



Fuente: engine_manual_3B_13BT

4.4.5 Velocidad mínima del circuito de alta

Q_{tmin} = Caudal teórico mínimo de alta

V_1 = Velocidad mínima del circuito de alta

A_{CA} = Área de la cañería de alta presión

$$V_1 = \frac{Q_{tmin}}{A_{CA}} \quad (3)$$

$$V_1 = \frac{1.025 \frac{cm^3}{min}}{(\pi)(0.2)^2}$$

$$V_1 = 8.1566 \frac{cm}{min}$$

4.4.6 Velocidad media del circuito de alta

Q_{tmed} = Caudal teórico medio de alta presión

V_2 = Velocidad media del circuito de alta presión

A_{CA} = Área de la cañería de alta presión

$$V_2 = \frac{Q_{tmed}}{A_{CA}}$$

$$V_2 = \frac{2.38 \frac{cm^3}{min}}{(\pi)(0,2)^2}$$

$$V_2 = 18.9394 \frac{cm}{min}$$

4.4.7 Velocidad máxima del circuito de alta

Q_{tmax} = Caudal teórico máximo de alta presión

V_3 = Velocidad máxima del circuito de alta presión

A_{CA} = Área de la cañería de alta presión

$$V_3 = \frac{Q_{tmax}}{A_{CA}}$$

$$V_3 = \frac{10.33 \frac{cm^3}{min}}{(\pi)(0,2cm)^2}$$

$$V_3 = \frac{10.33 \frac{cm}{min}}{0.1256}$$

$$V_3 = 82.20 \frac{cm}{min}$$

4.4.8 Tabla de mediciones del circuito de alta presión

Tabla 5. Mediciones de alta

Mediciones de alta presión	Valor
Velocidad máxima	82.20cm/min
Presión	2489psi
Caudal máximo	10.33cm ³ /min

Fuente: Autores

4.5 Cálculo de caudal presión y velocidad en el circuito de baja presión

4.5.1 Área del pistón de la bomba de alimentación

Figura 81. Área del pistón de la bomba de alimentación



Fuente: Autores

A_p = Área del pistón de la bomba de alimentación

R_p = Radio del pistón de la bomba de alimentación = 11mm

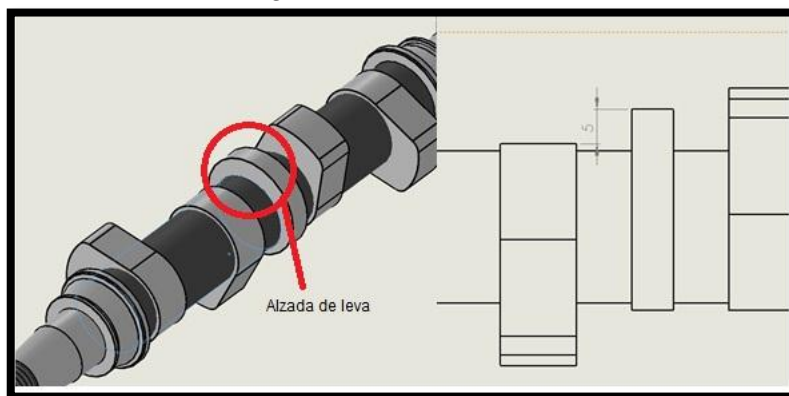
$$A_p = \pi \times R_p^2$$

$$A_p = 3.14159 \times (11\text{mm})^2$$

$$A_p = 380.13\text{mm}^2$$

4.5.2 Volumen de combustible por cada revolución

Figura 82. Alzada de leva



Fuente: Autores

V_b = Volumen por cada revolución de la bomba de alimentación

S_b = Alzada de leva = 5mm

$$V_b = A \times S_b$$

$$V_b = 380.13mm^2 \times 5mm$$

$$V_b = 1900.65mm^3$$

$$V_b = 1,90065cm^3$$

4.5.3 Caudal de la bomba a 72 revoluciones por minuto

Q_b = Caudal del sistema de baja presión

$$\omega = \text{velocidad angular} = 72 \frac{rev}{min}$$

$$Q_b = V_b \times \omega$$

$$Q_b = 1,90cm^3 \times 72 \text{ rev/min}$$

$$Q_b = 136.8cm^3/min$$

4.5.4 Velocidad máxima del combustible en las mangueras de baja presión

V_{VB} = Velocidad en el sistema de baja presión

$$V_{VB} = \frac{Q_b}{A_p}$$

$$V_{VB} = \frac{Q_b}{\pi \times R_p^2}$$

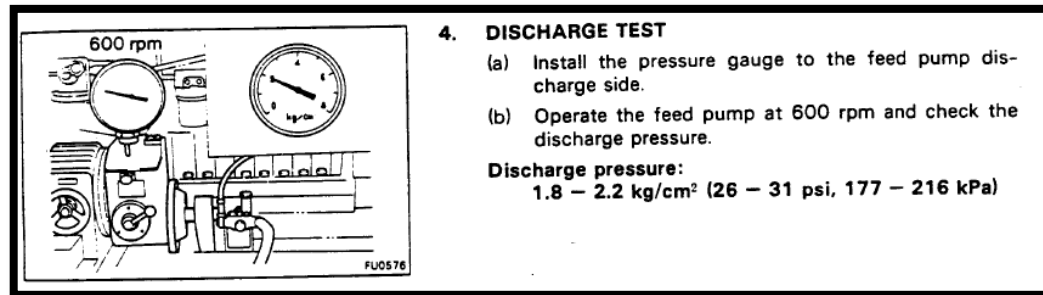
$$V_{VB} = \frac{136.8cm^3/min}{3.14159 \times (0.5cm)^2}$$

$$V_{VB} = \frac{136.8cm^3/min}{0,7853cm^2}$$

$$V_{VB} = 174.1792 \text{ cm/min}$$

4.5.5 Presión de trabajo del circuito de baja. La presión de trabajo debe ser inferior a la presión de descarga de la bomba de alimentación para poder utilizar una válvula reguladora que mantendrá el circuito con una presión entre 6 y 25 psi en el colador que subministra combustible a los émbolos a través de las lumbreras.

Figura 83. Presión del circuito de baja en el manual



Fuente: Autores

En nuestra bomba de alimentación la presión de descarga es de 30 psi y nuestra válvula nos dará una presión de trabajo en el circuito de baja de 15 psi.

4.5.6 Mediciones del circuito de baja presión.

Tabla 6. Mediciones del sistema de baja presión

Mediciones de baja presión	Valor
Velocidad	174.1792 cm/min
Presión	15 psi
Caudal	136.8cm ³ /min

Fuente: Autores

4.6 Cálculo en la tobera

4.6.1 Volumen de inyección máxima

V_t = Volumen de inyección máxima del pistón de alta presión

$$V_t = \pi * r^2 * L3$$

$$V_t = 3.14159 * (3.5mm)^2 * 3.37mm$$

$$V_t = 143.54mm^3$$

4.6.2 Área de los orificios de la tobera

A_t = Área de un solo orificio de la tobera

R_{to} = Radio del orificio de la tobera

$$A_t = \pi \times R_{to}^2$$

$$A_t = 3.14159 \times (0.05mm)^2$$

$$A_t = 0.157mm^2$$

Al ser cuatro orificios de salida el área total será:

A_{4t} = Área total de salida

$$A_{4t} = 0.157 \text{ mm}^2 \times 4$$

$$A_{4t} = 0.63 \text{ mm}^2$$

$$A_{4t} = 0.0063 \text{ cm}^2$$

4.6.3 Tiempos de inyección

Tabla 7. Tiempos de inyección

Revoluciones del motor (rev/min)	Revoluciones de la bomba (rev/min)	Tiempo de inyección (milisegundos)
144	72	111.11
800	400	20
1600	800	10
3000	1500	5.3
4400	2200	3.64

Fuente: Autores

4.6.4 Caudales de inyección en la tobera

Caudal a 72 RPM:

$$t_i = \text{Tiempo de inyección} = 111.111 \text{ milisegundos} = 0.111111 \text{ seg}$$

$$V_t = \text{Volumen de inyección} = 143.54 \text{ mm}^3 = 0.14354 \text{ cm}^3$$

$$Q_i = \frac{V_t}{t_i}$$

$$Q_i = \frac{0.14354 \text{ cm}^3}{0.111111 \text{ seg}}$$

$$Q_i = 1.29 \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}}$$

4.6.5 Velocidad de inyección

V_i = Velocidad de inyección de la tobera

$$V_i = \frac{Q_i}{A_{to}}$$

$$Vi = \frac{1.29 \frac{cm^3}{seg}}{0.00063 cm^2}$$

$$Vi = 2047.619 cm/seg$$

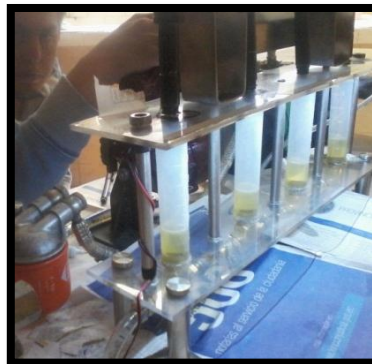
4.7 Medidas reales tomadas del banco

Para comparar los parámetros teóricos de la bomba con los reales tomamos medidas de la cantidad de volumen inyectado a diferentes porcentajes de apertura de la cremallera.

4.7.1 Volumen real entregado

La siguiente tabla indica el volumen de combustible entregado por la bomba a diferente porcentaje de apertura de la cremallera en un tiempo de 3 minutos cada medida. Con lo que podremos representar en una gráfica el caudal entregado por nuestra bomba lineal.

Figura 84. Toma de medidas reales



Fuente: Autores

Tabla 8. Volumen real de combustible entregado por la bomba

% De apertura de la cremallera	Volumen recolectado en cada probeta (cm^3)	Volumen total en las 4 probetas (cm^3)
0	0	0
20	4	16
40	10	40
60	13	52
80	14,5	58
100	16	64

Fuente: Autores

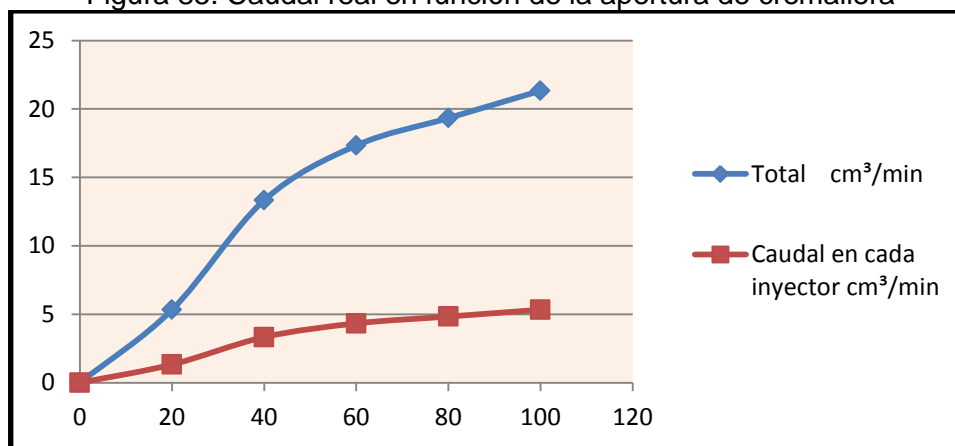
4.7.2 Caudal real medido a diferente posición de la cremallera

Tabla 9. Caudal real a diferente posición de cremallera

% De apertura de la cremallera	Volumen recolectado en cada probeta (cm^3/min)	Volumen total en las 4 probetas (cm^3/min)
0	0	0
20	1,333333333	5,33333333
40	3,333333333	13,3333333
60	4,333333333	17,3333333
80	4,833333333	19,3333333
100	5,333333333	21,3333333

Fuente: Autores

Figura 85. Caudal real en función de la apertura de cremallera



Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

5.1 Pruebas mecánicas

Se debe realizar una verificación visual en algunos puntos correspondientes a las partes mecánicas del banco.

5.1.1 *Funcionamiento y movilidad del bombín.* Se deberá verificar que suministre combustible a la cámara de alta presión, esta comprobación se realiza observando el movimiento de la pluma del manómetro del sistema de baja presión, es decir al accionar el bombín reiteradas veces la presión debe mantenerse alta.

Figura 86. Verificación del bombín



Fuente: Autores

5.1.2 *Movilidad de la rueda dentada que conecta con el árbol de levas.* Se verificará que no existan objetos que impidan el movimiento circular.

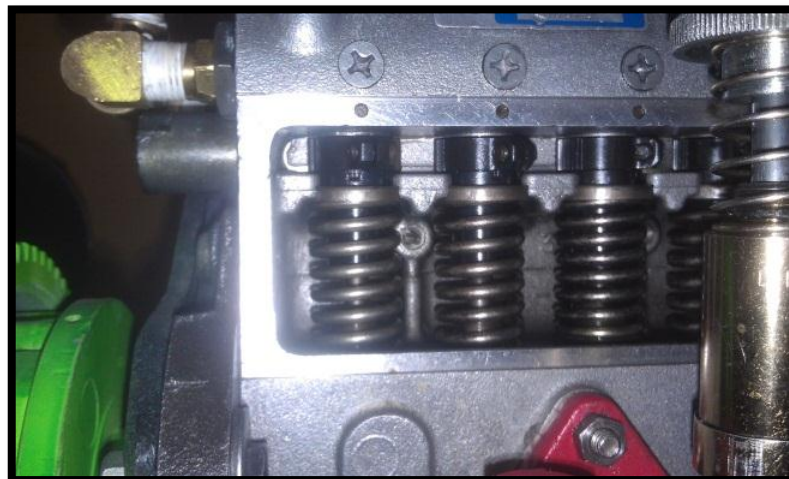
Figura 87. Comprobación de la rueda dentada



Fuente: Autores

5.1.3 *Desplazamiento del sistema de bombeo.* Mediante la observación de la cámara de alojamiento de los muelles se notará que todos los muelles de la cámara se deformen por el movimiento de las levas.

Figura 88. Desplazamiento de los muelles



Fuente: Autores

5.1.4 *Verificación visual de salida de combustible en los inyectores.* Se comprobará que exista flujo de combustible a través de las toberas de los inyectores hacia las probetas.

Figura 89. Inyección de combustible en la probeta



Fuente: Autores

5.2 Pruebas eléctricas

Comprobar continuidad en todos los elementos del sistema eléctrico para corroborar su buen funcionamiento:

Debe existir continuidad desde uno de los cables de alimentación (Enchufe) hasta la entrada al interruptor.

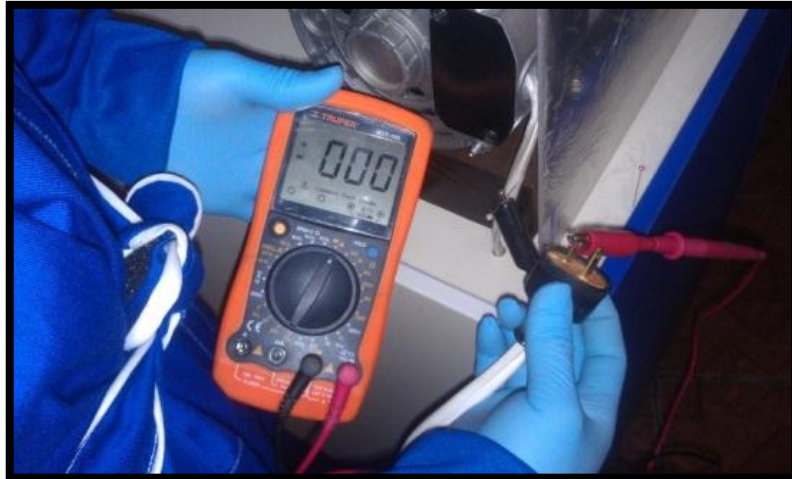
Figura 90. Prueba de continuidad de enchufe e interruptor



Fuente: Autores

Debe existir continuidad desde uno de los cables de alimentación (Enchufe) hasta un cable de entrada hacia el motor.

Figura 91. Continuidad enchufe y motor



Fuente: Autores

Debe existir continuidad en el interruptor cuando se encuentra en la posición ON.

Figura 92. Continuidad de interruptor



Fuente: Autores

Debe existir continuidad desde la salida del interruptor hasta uno de los cables de entrada al transformador.

Figura 93. Continuidad interruptor y transformador



Fuente: Autores

Debe existir continuidad desde un cable de alimentación (Enchufe) hasta un cable de entrada del transformador.

Figura 94. Continuidad Enchufe y transformador



Fuente: Autores

Debe existir continuidad desde un cable de salida del transformador hacia el cable de color rojo de las luces LED.

Figura 95. Continuidad enchufe y luces LED del primer cable



Fuente: Autores

Debe existir continuidad desde el otro cable de salida del transformador hacia el cable de color negro de las luces LED.

Figura 96. Continuidad transformador y luces LED del segundo cable



Fuente: Autores

Entre los dos cables de entrada al motor eléctrico debe existir una resistencia de 0.07 ohmios.

Figura 97. Resistencia entre cables de entrada al motor



Fuente: Autores

No debe existir continuidad en el interruptor cuando este se encuentra en la posición OFF.

Figura 98. Prueba en posición OFF



Fuente: Autores

No debe existir continuidad en los dos cables de entrada a las luces LED.

Figura 99. Prueba en cables de luces LED



Fuente: Autores

5.3 Pruebas de alimentación y funcionamiento

Se realizaran estas pruebas para comprobar que los elementos eléctricos sean alimentados con el voltaje correspondiente.

El voltaje de entrada al motor debe ser de 120v de corriente alterna.

Figura 100. Prueba de voltaje



Fuente: Autores

El voltaje de entrada al transformador debe ser de 120v de corriente alterna.

Figura 101. Prueba de voltaje del transformador



Fuente: Autores

El voltaje de salida del transformador debe ser de 12v de corriente continua.

Figura 102. Prueba de voltaje de salida del transformador



Fuente: Autores

El voltaje de entrada a las luces LED debe ser de 12 v de corriente continua.

Figura 103. Prueba de voltaje de luces LED



Fuente: Autores

CAPÍTULO VI

6. COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO

Para ejecutar el estudio económico se debe considerar los costos directos e indirectos que intervinieron en el proceso de elaboración de la presente tesis, también se detallarán costos de construcción y mano de obra.

En esta parte se mencionarán algunos conceptos fundamentales para mejorar el entendimiento sobre el detalle de adquisición de materiales y elementos, así como el detalle de costos de ensamblaje mecánico, hidráulico y eléctrico.

6.1 Costos directos

Los costos directos son aquellos egresos que intervienen directamente con la construcción e implementación física de la maquinaria, tomando en cuenta la compra de materiales, mano de obra, herramientas y equipos utilizados.

6.1.1 Costo de elementos hidráulicos, eléctricos y mecánicos. Para la construcción del banco fue necesaria la adquisición de materiales de la parte mecánica, hidráulica y eléctrica; estos egresos se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 10. Costo de elementos hidráulicos, eléctricos y mecánicos

Descripción	Unid.	Cant.	Precio unit.(USD)	Precio total(USD)
Motor eléctrico	-	1	350	350
Bomba de inyección	-	1	200	200
Cañerías hidráulicas de alta presión	-	4	10	40
Inyectores diésel	-	4	50	200
Reductor 1:50	-	1	150	150
Bombín	-	1	12	12
Mangueras	-	1	15	15
Filtro de combustible	-	1	5	5
Elástico para tanque	-	1	7	7
Tanque de plástico	-	1	8	8
Embudo plástico	-	1	3	3

Probetas	-	4	8	36
Conector ON OFF	-	1	5	5
Caja de Mando	-	1	13	13
Transformador rectificado 12V	-	1	10	10
Acoples cruceta	-	2	12	24
Bases redondas para vidrio	-	4	3	12
Varilla inoxidable	M	1	10	10
Perno allen	-	2	1	2
Ruedas	-	4	7	28
Diésel	Galón	3	1	3
Gasolina para la limpieza	Galón	10	1.48	14.80
Guaípe	Libras	15	1	15
Focos LED	-	1	7	7
Bases para filtro de aceite	-	2	3,5	7
Codo de cobre de ½	-	1	3	3
T de cobre de media	-	3	4	12
Acoples doble rosca ½	-	4	2	8
Tuercas bronce ½	-	4	1	4
Acoples rosca manguera ½	-	3	2	14
Arandelas caucho toroidales	-	4	0,25	1
Llave de pasa de cobre de ½	-	1	6	6
Total	-	-		1210

Fuente: Autores

6.1.2 Costo de materiales de construcción

Tabla 11. Materiales de construcción

Descripción	Cant.	Precio unit. (USD)	Precio total(USD)
Plancha de aglomerado	1	70	70
Filos para aglomerado	1	10	10
Acero rectangular 50x25x2	4	9	36
Electrodos 60 13	20	0,2	4
pernos de 2 in	30	0,15	4,5
Pernos de 3 in	20	0,2	4
pintura anticorrosiva	1	5	5
Broca ¼	2	2	4
Masilla	1	7	7
lija	5	0,7	3,5

Acrílico	1	40	40
Silicón Transparente	1	4	4
tuercas para varillas de acero inox	0,5	4	2
Pedazos acrílico de 50 x 10 de 6mm	2	8	16
cadena tapa de atrás banco	1	3,3	3,3
Sprays de pintura	7	3	21
Maski	1	1	1
Tiñer	1	20	20
Total	-	-	255,3

Fuente: Autores

6.1.3 Costo de mano de obra. Se define como mano de obra a todo el esfuerzo físico y mental que una persona emplea para la construcción de un bien.

Tabla 12. Costo de mano de obra

Descripción	Horas/hombre	Costo horario(USD)	Costo total(USD)
Maestro ensamblador MDF y detalles	20	4	80
Técnico electrónico	-	50	50
Costos de diseño y análisis del banco	-	150	150
Torneado de acoples	-	12	12
soldadura de ruedas en el banco	-	10	10
sacada de rosca de 3 varillas	-	21	21
Asesoramiento técnico	-	50	50
Total	-	-	373

Fuente: Autores

6.1.4 Costo de equipos y herramientas

Tabla 13. Costos de equipos y herramientas

Descripción	Horas/máquina	Costo/horario (USD)	Costo (USD)
Alquiler moladora	150	0,25	37,5
Alquiler Taladro	150	0,2	30
Alquiler compresor y elementos pintura	-	50	50
Alquiler herramientas de taller	150	2	300
Total	-	-	417,5

Fuente: Autores

6.1.5 Total costos directos. En la tabla inferior tenemos detallado la suma total que constituyen los costos directos.

Tabla 14. Total costos directos

Elementos hidráulicos, mecánicos y electrónicos. (USD)	1210
Materiales de construcción. (USD)	255,3
Mano de obra. (USD)	373
Equipos y herramientas	417,5
TOTAL. (USD)	2255,8

Fuente: Autores

6.2 Costos indirectos

Son aquellos que se relacionan con la parte intangible de la manufactura formando parte de la producción, estos costos se detallan con mayor exactitud en la tabla inferior.

Tabla 15. Costos indirectos

Descripción	Cantidad	Costo. (USD)
Traslado del banco hacia los diferentes talleres	-	100
Movilización personal para compras y averiguaciones	-	150
Costo ingenieril	-	250
Material de investigación	-	200
Impresiones	-	100
Manuales técnicos	2	100
Movilización y transporte personales	-	250
Imprevistos	-	170
Utilidad	-	0
Internet	150	120
Libros	1	40
Total	-	1480

Fuente: Autores

6.3 Costo total y presupuesto

El costo total obtenemos de la sumatoria de los costos directos e indirectos; así obtenemos el presupuesto gastado en nuestro proyecto de tesis.

Costo Total del Proyecto = costos directos + costos indirectos

Tabla 16. Costo total

Costos directos. (USD)		2255,8
Costos indirectos. (USD)		1480
TOTAL. (USD)		3735,8

Fuente: Autores

Costo Total del Proyecto = (Costo de elementos hidráulicos, eléctricos y mecánicos + Costo de materiales de construcción + Costo de mano de obra + Costos de equipos y herramientas) + (Costos indirectos).

Costo Total del Proyecto = (1210 + 255.3 + 373 + 417.5) + (1480)

Costo Total del Proyecto = (2255.8 + 1480)

Costo Total del Proyecto = 3735.8 (USD)

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se estudió los diferentes tipos de elementos y mecanismos de funcionamiento de las bombas lineales que se encuentran montadas en los distintos vehículos que existen en el mercado automotriz.

Se analizó el flujo de combustible de la bomba lineal diésel gracias a la implementación de cañerías transparentes, manómetros instalados en los sistemas de alta y baja presión que sirven de monitores para visualizar las variaciones de presión, culminando este proceso de análisis mediante el proceso de inyección en las probetas, con lo que se pudo entender el comportamiento del fluido dentro del sistema de suministro.

Se diseñó y construyó la estructura que soporta el mecanismo de la bomba lineal usando el software de diseño, modelación y simulación Solidworks, el mismo que nos facilitó datos del análisis de los esfuerzos a los cuales se someterá la estructura, con lo que se demuestra el trabajo con los factores de seguridad adecuado para asegurarnos que no fallara el equipo.

Se ejecutó cálculos de caudal basados en los datos técnicos de la bomba lineal H0 DENSO ND utilizadas en vehículos tipo turismo, es decir motores medianos de cuatro cilindros, la que se encuentra implementada en el banco didáctico y podrá ser estudiada.

Se elaboró guías de prácticas para laboratorio, con el fin de facilitar al docente y a los estudiantes el uso del banco y el proceso de aprendizaje de los temas que se relacionan con la bomba lineal.

Se realizó un plan de mantenimiento y un manual de usuario que nos ayudarán a la correcta utilización del banco.

7.2 Recomendaciones

Utilizar software como es el caso de AutoCAD, Solidworks, como herramientas fundamentales de apoyo para la modelación y análisis de las estructuras que soportaran las cargas, con el fin de tener una visión clara de los esfuerzos reales a los cuales se someterá la estructura.

Leer y acatar todas las instrucciones de uso, antes de realizar cualquier operación en el banco, las que se encuentran detalladas en el manual de usuario, con la finalidad de evitar el deterioro prematuro por el mal manejo.

Acatar las instrucciones sobre la manipulación del banco que serán dadas por el instructor, que deberá tener conocimiento sobre el correcto uso del banco, con respecto a los estudiantes deberá seguir estrictamente lo que estipula las guías de prácticas.

Cumplir a cabalidad y estrictamente con todos los parámetros estipulados en el plan de mantenimiento, para obtener un funcionamiento eficiente del banco, y evitar posibles fallas.

BIBLIOGRAFÍA

- ARFECA, Milton. 2014.** Bomba de alimentación. [En línea] 29 de Enero de 2014. [Citado el: 25 de junio de 2014.] <http://es.scribd.com/doc/214532411/Bomba-de-Alimentación>.
- CORTEZ, Alexander. 2013.** Variador de avance. [En línea] Copyright, 26 de Marzo de 2013. [Citado el: 27 de Julio de 2014.] <https://es.scribd.com/doc/132362873/Variador-de-Avance>.
- DOMINGO, Agustín Martín. 1997.** Apuntes de Mecánica de fluidos. [En línea] 1997. <http://oa.upm.es/6934/1/amd-apuntes-fluidos.pdf>.
- GRADUADOESIME, Richard. 2014.** Sistema de combustible. [En línea] 2014. [Citado el: 16 de junio de 2014.] <http://es.scribd.com/doc/25029683/Sistema-de-Combustible-PT>.
- MAMANI, Edgardo. 2013.** Bomba lineal. [En línea] Scribd, 28 de julio de 2013. [Citado el: 5 de 7 de 2014.] <https://es.scribd.com/doc/156465896/Bomba-Lineal>.
- MARTÍNEZ NÚÑEZ, Francisco Javier. 2011.** *Montaje de bomba lineal y rotativa*. TESIS. s.l. : Biblioteca de la Universidad Técnica del norte, 2011.
- MORENO, Andrés Sebastián. 2014.** Purgado del sistema de alimentación. [En línea] 2 de Enero de 2014. [Citado el: 21 de junio de 2014.] <http://es.scribd.com/doc/221456138/Purgado-Del-Sistema-de-Alimentación>.
- PAREDES MEDINA , Luiz Alberto. 2013.** Sistema de Inyección. [En línea] Copyright, 30 de Abril de 2013. [Citado el: 28 de Julio de 2014.] <https://es.scribd.com/doc/138630684/Sistema-de-Inyección>.
- RAYO, Alberto. 2014.** Bomba de inyección lineal. [En línea] Copyright, 7 de Septiembre de 2014. [Citado el: 20 de Septiembre de 2014.] <https://es.scribd.com/doc/238906660/Bomba-de-Inyeccion-Lineal>.
- TORRES ALVAREZ, Giovanny. 2005.** *Metodología para el diagnóstico de sistemas de inyección de inyectores diesel a partir de las líneas de inyección*. TESIS. Bucaramanga : Biblioteca de la universidad industrial de Santander, 2005.

ANEXOS

ANEXO A

MANUAL DE USUARIO

PASOS PARA EL MANEJO DEL BANCO DIDÁCTICO

Se detallará a continuación de forma secuencial los pasos que se deberán considerar para la operación correcta del banco didáctico.

1.- Ubicar el banco didáctico en un lugar limpio y seguro para realizar la actividad, considerando amplio espacio, ventilación, piso nivelado.

Ubicación del banco



Fuente: Autores

2.- Tomar en cuenta todas las señaléticas adhesivas de seguridad que se encuentran en el banco didáctico.

Señaléticas de seguridad



Fuente: Autores

3.- Asegurarnos que la fuente de suministro eléctrico sea de 120v.

Verificación de voltaje



Fuente: Autores

4.- Verificar que el interruptor de encendido se encuentre en la posición OFF antes de conectar a la fuente de energía eléctrica.

Verificación de posición OFF



Fuente: Autores

5.- Conectar el enchufe del sistema eléctrico del banco en el toma corriente de 120v.

Conexión a fuente de alimentación



Fuente: Autores

6.- Verificar que la caja de protección que este en buen estado y se encuentre cubriendo las partes móviles.

Caja de protección



Fuente: Autores

7.- Para dar inicio al funcionamiento del banco didáctico procedemos a presionar el botón de encendido ON de color negro que se encuentra ubicado en la caja de mandos.

Posición del interruptor ON



Fuente: Autores

ANEXO B

NORMAS DE SEGURIDAD

Se deben tomar en cuenta las siguientes normas generales de seguridad, para prevenir el riesgo de cualquier accidente.

- Utilizar equipo de protección adecuada como: Guantes, overol, gafas, para eliminar riesgos de trabajo durante las prácticas.
- Si existieran daños visibles de piezas del banco o movimientos no adecuados de piezas móviles, suspender el uso del mismo, hasta que se realice la respectiva reparación.
- Para el recambio de piezas considerar el mismo material y dimensiones para evitar posibles daños.
- Acatar las limitaciones de uso indicadas en este documento para evitar cualquier falla.
- Mantener el área de trabajo limpia sin elementos que perturben la práctica.
- Para transportar el banco considerar las partes frágiles.

En el banco por seguridad se ha implementado señaléticas que permitirán prevenir tanto a los estudiantes como al profesor posibles peligros potenciales y la manera de cómo responder a estas situaciones. En el presente documento explicaremos en detalle el significado de estas señales de seguridad.

ANEXO C

SEÑALES DE RIESGO

Señal de riesgo de electrocución.

- No toque los cables ni las conexiones cuando el banco didáctico está funcionando.
- Para realizar operaciones de mantenimiento primero desconectar el sistema electrónico.

Señal de riesgo de electrocución



Fuente: Manual industrial

Señal de riesgo mecánico.

- Antes de proceder a cualquier operación de mantenimiento detenga el banco didáctico.
- No haga funcionar el banco didáctico sin la protección transparente.
- Las piezas giratorias pueden causar heridas graves.

Señal de riesgo mecánico



Fuente: Manual Industrial

ANEXO D
PLAN DE MANTENIMIENTO.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO														
Partes y piezas mecánicas	Periodo por números de prácticas													
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	
ELEMENTOS FIJOS DEL BANCO DE LA BOMBA DE INYECCIÓN														
Estructura	I	I	L/EP	I	I	L/EP	I	I	L/EP	I	I	L/EP	I	
Planchas de aglomerado	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	
Protección de acrílico	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	
Base de motor y reductor	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	
Probetas	I	I/L	I/J	I/L	I	I/L	I/J	I/L	I	I/L	I/J	I/L	I	
Sistema de descarga de combustible	I	I/L	I/J	I/L	I	I/L	I/J	I/L	I	I/L	I/J	I/L	I	
Bases de la bomba	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	
Bases del filtro	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	
Pintura de todas las piezas del banco	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	I/L	I	
ELEMENTOS MÓVILES DEL BANCO														
Motor	I	I	I	I/L	I	I	I	I/L	I	I/V	I	L	I	
Reductor	I	I	I/A	I	I	L	I/A	I	I	I	I/A	L	I	
Acoples	I	I	I/J	I	I	I/J	I	I	I/J	I	I	I/J	I	
ELEMENTOS FIJOS DE LA BOMBA DE INYECCIÓN DIÉSEL														
Carcasa	I	I/L	I	I/L	I	I/J	I	I/L	I	I/L	I	I/J	I	
Mangueras de alimentación y descarga	I	I	I/J	I	I	I/J	I	I	I/J	I	I	I/J	I	
Cañería de alta presión	I	I	I/J	I	I	I/J	I	I	I/J	I	I	I/J	I	
Inyectores	I	L/EP	I/J	I	L/EP	I/J	I	L/EP	I/J	I	L/EP	I/J	I	
Filtro y soporte del filtro	I	I	I/J	I	I	I/J	I	I	I/J	I	I	I/J	I	
Porta válvula de retención	I	I	I/J	I	I	I/J	I	I	I/J	I	I	I/J	I	
Cilindros de la bomba	I	I	I/J	I	I	I/J	I	I	I/J	I	I	I/J	I	
Acoples de mangueras y cañerías	I	I	I/J	I	I	I/J	I	I	I/J	I	I	I/J	I	

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO													
Partes y piezas mecánicas	Período por números de prácticas												
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
ELEMENTOS MÓVILES DE LA BOMBA DE INYECCIÓN													
Árbol de levas	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I
Empujador o taque	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I
Muelle	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I
Émbolo de presión	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I
Cremallera	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I
Manguito de control	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I
Válvula de retención	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I
Muelle de la válvula de retención	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I
Rueda dentada	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I	I	L	I
Gobernor	I	I/J	L	I	I/J	L	I	I/J	L	I	I/J	L	I
Bombín	I	I/J	L	I	I/J	L	I	I/J	L	I	I/J	L	I
SISTEMA ELÉCTRICO													
Cableado genera I	I	I	I/V	I	I	I/V	I	I	I/V	I	I	I/V	I
Interruptor	I	I	I/C	I	I	I/C	I	I	I/C	I	I	I/C	I
Luces LED	I	I	I/V	I	I	I/V	I	I	I/V	I	I	I/V	I
Motor	I	I	I/C	I	I	I/C	I	I	I/C	I	I	I/C	I
Transformador	I	I	I/C	I	I	I/C	I	I	I/C	I	I	I/C	I

Fuente: Autores

Significado de siglas de plan de mantenimiento

I	Inspeccionar
L	Lubricar
L/EP	Limpiar y examinar estado de pintura
I/L	Inspeccionar y limpiar
I/A	Inspeccionar y alinear
I/C	Inspeccionar y verificar continuidad
I/V	inspeccionar y verificar voltaje
I/J	Inspección y ajuste

Fuente: Autores

Materiales para lubricación y limpieza

Para la limpieza de las superficies de aglomerado del banco se debe utilizar "SIMONIZ", en su presentación tipo atomizador.

Líquido para limpieza del banco



Fuente: <http://tusautopartes.com/-cuidado-automotriz>

Para la limpieza de las superficies de la caja de protección (Acrílico transparente) utilizaremos el líquido de limpieza tipo aerosol "PLEXUS".

Líquido para limpieza del acrílico



Fuente: http://www.sabic.cl/contenido.php?id_articulo=109&id_categoria=28

El lubricante a utilizar para las piezas móviles de la bomba lineal, y la caja reductora de rpm será el mismo que se utiliza para motores diésel en este caso optamos por Kendall Motor SUPER-D XA (TI) SAE15W-40.

Lubricante



Fuente: http://www.centralemangueras.com/store/semi_sinteticos

Características del lubricante:

Lubricante multigrado semi-sintético para motores diésel de cuatro tiempos fortalecido con Titanio Líquido. Formulado para motores diésel con filtros de partículas y dispositivos de oxidación catalíticos o sistemas de reducción, con especificaciones API CJ-4.

Costos de mantenimiento

Lo requerido en la parte económica para realizar la limpieza y lubricación es de aproximadamente \$20, sin considerar la mano de obra.

Mantenimiento correctivo

Para realizar el mantenimiento correctivo se deberá determinar el desperfecto en el elemento para luego proceder a desmotar, reparar o reemplazar.

En cuanto a lo que tiene que ver a reparar o reemplazar el elemento nos guiaremos en las características que se encuentra en el manual técnico de la bomba lineal.

ANEXO E
Práctica No 1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE MECÁNICA



ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Tema: Operación de una bomba lineal diésel.

Objetivos:

Objetivo general

- Que los estudiantes de la Facultad de Mecánica se familiaricen con las partes y el funcionamiento de una bomba de inyección lineal y puedan mejorar sus habilidades de reconocimiento y diagnóstico de la misma.

Objetivos específicos.

- Analizar el funcionamiento de una bomba lineal diésel.
- Determinar la ubicación de las diferentes partes y piezas mecánicas.
- Identificar cada una de las partes y piezas del banco.
- Ensamblar y desensamblar las diferentes partes y piezas de la bomba lineal.

Fundamento teórico.

- El estudiante debe investigar sobre la constitución, principio de funcionamiento y como diagnosticar una bomba de inyección lineal para facilitar la utilización del banco didáctico.

Equipos y materiales a utilizarse:

- Banco didáctico
- Libreta de apuntes
- Bolígrafo
- Lápiz.

- Overol.
- Guantes.
- Gafas de protección.

Procedimiento:

- Ubicar el banco didáctico en un lugar limpio y seguro para realizar la actividad.
- Identificar cada uno de las partes, piezas del banco y hacer una analogía con lo investigado.
- Presurizar el sistema usando el bombín con la mano y moviéndolo de arriba hacia abajo para alcanzar una presión de trabajo mayor o igual a 3 psi.
- Encender el banco desde la caja de mandos y observar el funcionamiento de la bomba.
- Visualizar el funcionamiento y tomar nota de cuál es el orden de inyección de la bomba lineal, luego ubicar el orden de encendido en la siguiente tabla.

Toma de medidas

	Primera inyección	Segunda inyección	Tercera inyección	Cuarta inyección
N° Inyector de izquierda a derecha				

- Realizar un dibujo que represente el flujo de combustible en todo el sistema.
- Explique cómo funcionan los siguientes sistemas del banco.

Sistema de bombeo de baja presión	
Sistema de bombeo de alta presión	
Sistema de gobernación	
Avance automático de la inyección	

CONCLUSIONES:

Práctica No 2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE MECÁNICA



ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Tema: Cálculos de caudal en una bomba lineal diésel.

Objetivos:

Objetivo general.

- Realizar cálculos de las variaciones de caudal que proporciona una bomba lineal en funcionamiento.

Objetivos específicos:

- Analizar el funcionamiento de una bomba lineal diésel.
- Tomar datos reales de parámetros de la bomba lineal en funcionamiento.
- Usar los datos tomados y los expuestos en esta guía y realizar los cálculos requeridos

Fundamento teórico.

- Para esta práctica el estudiante debe tener la capacidad para resolver problemas que contienen variables de Caudal, Tiempos, Áreas y volúmenes.

Equipos y materiales a utilizarse:

- Banco didáctico.
- Libreta de apuntes.
- Bolígrafo
- Calculadora
- Overol

- Guantes
- Gafas de protección.
- Cronometro.

Procedimiento:

- Ubicar el banco didáctico en un lugar limpio y seguro para realizar la actividad.
- Presurizar el sistema usando el bombín con la mano y moviéndolo de arriba hacia abajo para alcanzar una presión de trabajo mayor o igual a 3 psi.
- Vaciar las probetas por medio de la válvula de vaciado en la parte posterior derecha de las probetas y dejarla en la posición de cerrado.
- Con la ayuda de un cronometro encender la bomba y hacerla funcionar durante 4 minutos y luego apagarla.
- Repetir el proceso anterior 5 veces y llenar la siguiente tabla de volúmenes.

Tabla de volumen

	Valor en cm ³
MEDIDA 1	
MEDIDA 2	
MEDIDA 3	
MEDIDA 4	
MEDIDA 5	
Sumatoria de las medidas	
Promedio de las medidas	

- Anotar el dato del volumen obtenido
- Conociendo que la velocidad de la bomba es de 72 RPM, que el diámetro del émbolo es 7mm y si sabemos que por cada vuelta la bomba entrega una inyección por cilindro calcular:

El volumen entregado por cada pulso de inyección en cada cilindro en centímetros cúbicos.	
Calcular la carrera efectiva real de la bomba en las condiciones antes mencionadas.	
El consumo de combustible de la bomba en 1 hora de funcionamiento.	

CONCLUSIONES:

Práctica No 3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE MECÁNICA



ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Tema: Despiece del cuerpo bomba del sistema de alta presión.

Objetivos:

Objetivo general.

- Realizar el despiece del conjunto de bombeo para la identificación de los elementos y el estado en el que se encuentran.

Objetivos específicos:

- Realizar el desmontaje del cuerpo de la válvula de retención, muelle de válvula de retención, arandela de asiento de válvula, válvula de retención asiento de válvula y cilindro del pistón.
- Realizar el reconocimiento de cada una de las partes y su correspondiente ubicación.
- Analizamos el trabajo que realiza cada pieza en el sistema.

Fundamento teórico.

- Para el estudio de las piezas del cuerpo bomba del sistema de alta presión e proveerse previamente de la información teórica necesaria referente al tema (circuito de alta presión)

Equipos y materiales a utilizarse:

- Banco didáctico.

- Libreta de apuntes.
- Bolígrafo
- Overol
- Guantes
- Gafas de protección.
- Cronometro.
- Llave mixta de 22 mm

Procedimiento:

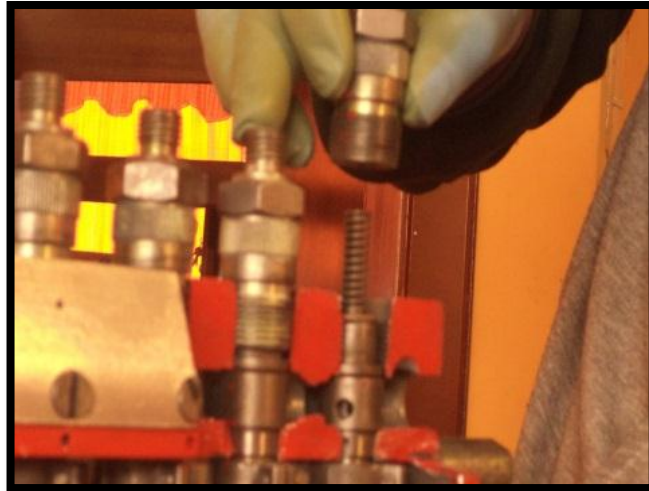
- Ubicar el banco didáctico en un lugar limpio y seguro para realizar la actividad.



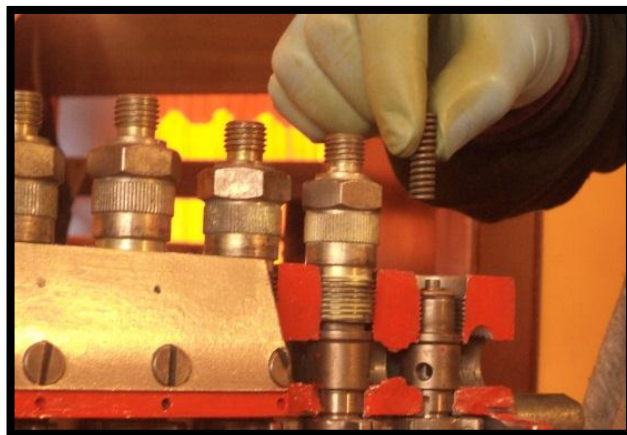
- Aflojar el cuerpo de válvula con el cuidado necesario para que no se caigan las piezas internas.



- .Extraer el cuerpo de válvula.



- .Extraer el muelle de válvula de retención.



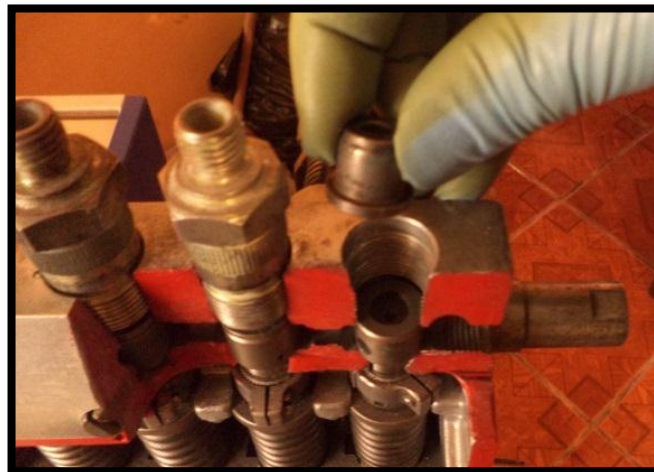
- .Extraer la arandela de asiento de válvula.



- .Extraer la válvula de retención.



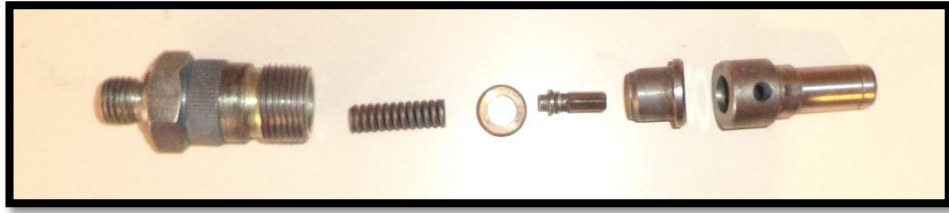
- .Extraer el asiento de válvula.



- .Extraer el cilindro de bombeo



- Analizar el trabajo que realiza cada parte del sistema



Para realizar el proceso de armado del sistema se deberá proceder a ubicar las piezas en forma inversa al despiece teniendo en cuenta que encajen debidamente y que todo quede listo para una nueva práctica.

CONCLUSIONES:

ANEXO F

CARACTERÍSTICA DEL TUBO ESTRUCTURAL UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA



DIPAC®
PRODUCTOS DE ACERO

RECTANGULAR

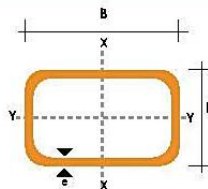
TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negra o galvanizada
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Prev a Consulta
Dimensiones	Desde 12mm x 25mm a 40mm x 80mm
Espesor	Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES				AREA	EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
50	150	3,0	9,17	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15



ANEXO G
ESPECIFICACIONES DEL ELECTRODO 6011

E6011

AWS A5.1 Clase E6011

DESCRIPCIÓN

Los electrodos USA 6011 tienen las mismas características que los USA 6010; sin embargo, a diferencia del USA 6010, este electrodo puede utilizarse con soldadores pequeños de corriente alterna, así como los tipos de corriente directa. Los electrodos USA 6011 con alto contenido de celulosa brindan una estabilidad de arco excelente, una ductilidad aumentada, una eficiencia alta de deposición y poca salpicadura. Este electrodo combina una fuerza recia de arco con una solidificación rápida del metal de soldadura que permite posiciones de soldadura verticales o elevadas, así como planas y horizontales. El USA 6011 es especialmente apropiado para soldar donde hay poco ajuste en las ranuras y acero oxidado o aceitoso.

APLICACIONES TÍPICAS

El USA 6011 se utiliza comúnmente como un electrodo para todo propósito para talleres de chapistería de automóviles y el equipo agrícola de acero suave. Otros usos pueden incluir los astilleros, puentes, calderas, barcas, vagones de ferrocarril, tuberías, marcos de camiones, recipientes a presión, tanques de almacenaje y acero galvanizado.

QUÍMICA TÍPICA DEL METAL DE SOLDADURA (%)

C	0.100	Mn	0.580	Si	0.370
P	0.015	S	0.013		

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS DEL

DEPÓSITO DE SOLDADURA (según la soldadura)

Límite elástico (psi).....	63,000
Resistencia a la tensión (psi).....	72,000
Alargamiento a 2" (%)	29.20
Prueba Charpy con muesca en V, a -20°F(pies por libra).....	36
Reducción de área (%)	60

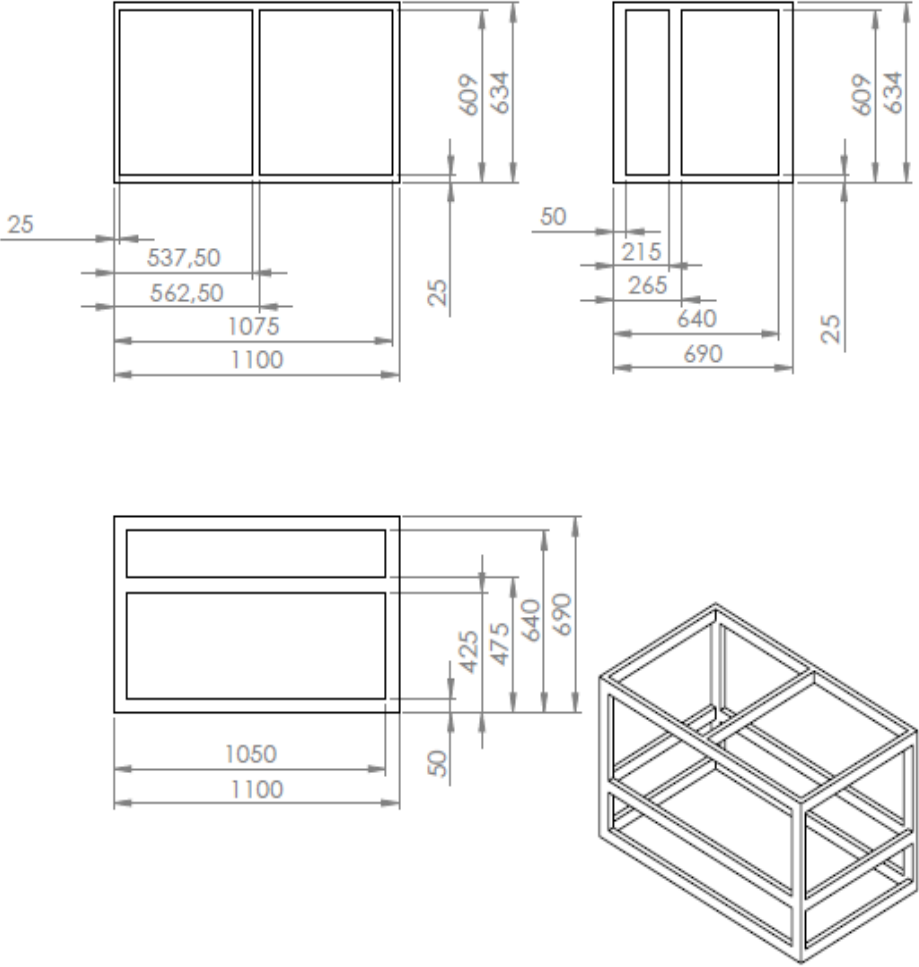
TAMAÑOS DISPONIBLES Y CORRIENTES

RECOMENDADAS (AC o DC+)

Diám.(pulg.)	3/32	1/8	5/32	3/16	7/32	1/4
Longitud (pulg.)	14	14	14	14	14	14
Amps:F	65-90	80-120	130-170	170-210	170-220	200-250
V&O	50-75	70-110	110-150	130-170	140-200	

PLANOS

PLANO A Estructura metálica del banco



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:	
DIBUJ.							
VERIF.							
APROB.							

PLANO B
Despiece del elemento bomba

